



Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Biologia

VEREDIANA DE ABREU

**História natural e dinâmica populacional dos imaturos de  
*Pseudoscada erruca* (Nymphalidae: Ithomiini) e seus  
parasitoides em sua planta hospedeira *Sessea brasiliensis*  
(Solanaceae)**

**Natural history and population dynamics of immature stages  
of *Pseudoscada erruca* (Nymphalidae: Ithomiini) and their  
parasitoids on host plant *Sessea brasiliensis* (Solanaceae)**

Campinas  
2019

VEREDIANA DE ABREU

**História natural e dinâmica populacional dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Nymphalidae: Ithomiini) e seus parasitoides em sua planta hospedeira *Sessea brasiliensis* (Solanaceae)**

**Natural history and population dynamics of immature stages of *Pseudoscada erruca* (Nymphalidae: Ithomiini) and their parasitoids on host plant *Sessea brasiliensis* (Solanaceae)**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Ecologia.

Dissertation presented to the Institute of Biology of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Ecology.

Orientador: Prof. Dr. João Vasconcellos Neto

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA VEREDIANA DE ABREU E ORIENTADA PELO PROF. DR. JOÃO VASCONCELLOS NETO.

Campinas  
2019

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

Ab86h Abreu, Verediana de, 1988-  
História natural e dinâmica populacional dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Nymphalidae: Ithomiini) e seus parasitoides em sua planta hospedeira *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) / Verediana de Abreu. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: João Vasconcellos Neto.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Interações tróficas. 2. Herbivoria. 3. Desenvolvimento larval. I. Vasconcellos-Neto, João, 1952-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Natural history and population dynamics of immature stages of *Pseudoscada erruca* (Nymphalidae: Ithomiini) and their parasitoids on host plant *Sessea brasiliensis* (Solanaceae)

**Palavras-chave em inglês:**

Trophic interactions

Herbivory

Larval development

**Área de concentração:** Ecologia

**Titulação:** Mestra em Ecologia

**Banca examinadora:**

João Vasconcellos Neto [Orientador]

Noemy Seraphim Pereira

Camila Vieira

**Data de defesa:** 25-07-2019

**Programa de Pós-Graduação:** Ecologia

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-7116-422X>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/2300649344029431>

Campinas, 25 de julho de 2019.

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

**Prof. Dr. João Vasconcellos Neto**

(Orientador)

**Profa. Dra. Noemy Seraphim Pereira**

**Dra. Camila Vieira**

*Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata da Defesa que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.*

*A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biologia/Unicamp.*

*Dedico este trabalho ao meu filho Laos que esteve comigo durante todo processo de escrita e defesa desta dissertação. Que você seja curioso e respeite a natureza assim como seus pais.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador Prof. João Vasconcellos Neto que me acolheu em seu laboratório e acreditou que eu seria capaz de realizar esse projeto cujas possibilidades eram raras de se concluir. Obrigada pela orientação, pela paciência de identificar mil vezes a mesma planta para que eu tivesse a segurança que fazê-lo sozinha e pelas histórias e ensinamentos compartilhados.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – Código de Financiamento 001. Agradeço à CAPES pelo financiamento de minha pesquisa, à Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e ao Instituto de Biologia (IB) pela oportunidade de realizar meu mestrado.

À Fundação Serra do Japi pela autorização para realizar esse trabalho e pelo acolhimento por toda equipe na Base Ecológica.

Aos docentes e pesquisadores da UNICAMP, Prof. Dr. Martin Francisco Pareja Piaggio, Prof. Dr. André Victor Lucci Freitas, Profa. Dra. Patrícia Jacqueline Thyssen, Dra. Noemy Seraphim Pereira e Dr. Jessie Pereira dos Santos pela participação nos comitês de acompanhamento e na análise prévia da presente dissertação. Agradeço a atenção e a disponibilidade em colaborar no desenvolvimento desta dissertação.

Ao Dr. Valmir Antonio Costa do Instituto Biológico de Campinas e à Profa. Dra. Angélica Maria Penteado Martins Dias do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides da Região Sudeste do Brasil (HYMPAR/SUDESTE) pelo auxílio na identificação das espécies de parasitoides e ao Prof. Dr. André Victor Lucci Freitas pela identificação das espécies de Ithomiini e pelo entusiasmo na realização deste trabalho.

A todos os colegas de laboratório, ao German pela paciência em me ajudar nas análises estatísticas e pela amizade, à Bia por toda torcida e principalmente ao Luis por estar presente em todos os campos, pelas discussões e pelas primeiras revisões durante todo processo de construção e escrita da dissertação. Sou muito grata pelo seu companheirismo e paciência.

Agradeço também à minha família e aos amigos pelo apoio e pela compreensão de minha ausência em muitas reuniões, e aos meus coelhos Lilo e Odin pela impaciência durante às noites de finalização desta dissertação.

“A natureza é bela e antiga”  
(Alberto Caeiro, 1980)

## RESUMO

Na presente dissertação foram descritos diversos aspectos sobre a biologia de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em sua hospedeira *Sessea brasiliensis* (Solanaceae), a dinâmica populacional dos estágios imaturos e de seus parasitoides na Serra do Japi (Jundiaí-SP, Brasil).

No primeiro capítulo, que compreende a biologia, *P. erruca* apresentou uma morfologia típica dos Ithomiini da subtribo Godyridina, porém observou-se peculiaridades que a distinguem de outras espécies, como o padrão de coloração da cápsula cefálica e a coloração vistosa das lagartas de quinto instar. Além disso, observou-se que fêmeas preferem depositar seus ovos em plantas presentes em locais sombreados e em uma altura específica, entre 1 a 1,50 m.

Ao comparar o desenvolvimento das lagartas alimentadas em *S. brasiliensis* e em hospedeiras do gênero *Cestrum* (Solanaceae), nas quais fêmeas depositam ovos com menor frequência, verificou-se que as lagartas apresentaram melhor desempenho quando alimentadas em *S. brasiliensis* e pior quando alimentadas em *C. schlechtendalii*. Em *C. schlechtendalii* lagartas e adultos obtiveram menor ganho de massa em um maior tempo de alimentação e desenvolvimento.

Quanto aos parasitoides, os imaturos de *P. erruca* podem ser atacados por parasitoides pertencentes à ordem Hymenoptera na fase de ovo, pelos gêneros *Trichogramma* sp. (Trichogrammatidae) e *Telenomus* sp. (Scelionidae), na fase larval por *Diadegma* sp. (Ichneumonidae: Campopleginae) e por hiperparasitoides do gênero *Mesochorus* sp. (Ichneumonidae: Mesochorinae).

No segundo capítulo, foi observado uma sazonalidade marcada no recrutamento de folhas novas de *Sessea brasiliensis*, assim como na dinâmica populacional dos imaturos de *P. erruca*. Embora os parasitoides não tenham apresentado uma sincronicidade com os fatores ambientais, observou-se que eles são os responsáveis pela regulação populacional principalmente na fase de ovo e no primeiro estágio larval de *P. erruca* e que sua população é regulada pela disponibilidade de seus hospedeiros.

Sugere-se que a dinâmica dos imaturos de *P. erruca* em *S. brasiliensis* seja regulada primeiramente pelos parasitoides e predadores, seguida pelas variações microclimáticas e pela disponibilidade das plantas hospedeiras.



## ABSTRACT

This master's thesis describes several aspects of the biology of *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) in its host *Sessea brasiliensis* (Solanaceae), the populations dynamics of *Pseudoscada erruca*'s immature stages and their parasitoids in the Serra do Japi (Jundiaí-SP, Brazil).

In the first chapter, in relation its biology, *P. erruca* presented a typical Ithomiini morphology of the Godyridina subtribe, but peculiarities were observed that distinguish it from other species, such as the color pattern of the cephalic capsule and the coloration of fifth instar caterpillars. In addition, it has been observed that females prefer to deposit their eggs in plants present in shaded locations and at a specific height, between 1 and 1.50 m.

When comparing the development of caterpillars fed with *S. brasiliensis* and hosts of the genus *Cestrum* (Solanaceae), in which females deposit eggs with less frequency, it was verified that the caterpillars showed better performance when fed on *S. brasiliensis* and worse when fed on *C. schlechtendalii*. In *C. schlechtendalii*, caterpillars and adults obtained lower mass gain in a longer time of feeding and development.

As for the parasitoids, the immature stages of *P. erruca* can be attacked by parasitoids belonging to the order Hymenoptera in the egg phase, by the genera *Trichogramma* sp. (Trichogrammatidae) and *Telenomus* sp. (Scelionidae), in the larval stage by *Diadegma* sp. (Ichneumonidae: Campopleginae) and by hyperparasitoids of the genus *Mesochorus* sp. (Ichneumonidae: Mesochorinae).

In the second chapter, there was a marked seasonality in the recruitment of new leaves of *Sessea brasiliensis*, as well as in the population dynamics of the immature stages of *P. erruca*. Although the parasitoids did not present a synchronicity with the environmental factors, it was observed that they are responsible for the population regulation mainly in the egg phase and in the first larval stage of *P. erruca* and that its population is regulated by the availability of its hosts.

It is suggested that the immature dynamics of *P. erruca* in *S. brasiliensis* is regulated primarily by parasitoids and predators, followed by microclimatic variations and host plants availability.

## SUMÁRIO

<b>Introdução Geral.....</b>	<b>11</b>
------------------------------	-----------

### **Capítulo I:** Biologia e História Natural de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) e seus parasitoides em *Sessea brasiliensis* (Solanaceae)

1. Resumo/ Abstrat.....	16
2. Introdução.....	18
3. Material e Métodos.....	25
4. Resultados.....	34
5. Discussão.....	54
6. Conclusão.....	62

### **Capítulo II:** Dinâmica populacional de *Pseudoscada erruca* e seus parasitoides

1. Resumo/ Abstrat.....	63
2. Introdução.....	65
3. Material e Métodos.....	68
4. Resultados.....	73
5. Discussão.....	86
6. Conclusão.....	93

<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>93</b>
--	-----------

<b>Anexos.....</b>	<b>111</b>
--------------------	------------

Declaração de Bioética e Biossegurança.....	124
---	-----

Declaração de Direitos Autorais.....	125
--------------------------------------	-----

## INTRODUÇÃO GERAL

Os insetos são um grupo de grande diversidade numérica e taxonômica, são amplamente reconhecidos como peças indispensáveis para o funcionamento dos ecossistemas por moldarem as comunidades através de inúmeras interações como predação, herbivoria, parasitismo, polinização, dispersão e predação de sementes, além de estarem relacionados a atividades de decomposição e ciclagem de nutrientes (Didham *et al.* 1996; Novotny & Basset 2000). No entanto, entre as interações inseto-planta, a herbivoria é a interação que recebe mais atenção dentre as demais. Estudos de associações entre insetos e plantas fósseis sugerem que os insetos se alimentam de plantas há 400 milhões de anos, estabelecendo diversas redes tróficas e interações (Gatehouse 2002; Agrawal *et al.* 2006; Labandeira 2013; Bruce 2014).

Atualmente, estima-se que todas as espécies de plantas são atacadas por pelo menos uma espécie de inseto herbívoro (Gatehouse 2002). Aproximadamente 90% destes insetos herbívoros se alimentam, ou utilizam como plantas hospedeiras, uma única família taxonômica ou poucas espécies de plantas aparentadas, enquanto apenas uma minoria é altamente polífaga (Schoonhoven *et al.* 2005).

Acredita-se que a evolução das próprias interações entre insetos e plantas seja um fator chave e preditor da grande diversidade morfológica, comportamental e bioquímica de ambos grupos (Ehrlich & Raven 1964; Bronstein *et al.* 2006; Agrawal *et al.* 2012; Hare 2012; Züst *et al.* 2012; War *et al.* 2018). Porém, novos trabalhos têm demonstrado que também os fatores abióticos como o clima e a geografia, e as subsequentes respostas dos insetos e das plantas às variações destes fatores, podem mudar a intensidade das interações e a evolução recíproca dos insetos e suas plantas hospedeiras (Wilf 2008; Currano *et al.* 2010; Adams *et al.* 2011; Jamieson *et al.* 2012; Blois *et al.* 2013; Scherber *et al.* 2013; Mishra *et al.* 2015; Romero *et al.* 2018).

Assim como as interações, a dinâmica populacional, que avalia fatores como tamanho e flutuações das populações através das taxas de natalidade/mortalidade e imigração/emigração, também está sob a ação dos fatores ambientais bióticos e abióticos (Berryman 2013). Portanto, o estudo da dinâmica populacional tem como objetivo identificar as causas dessas mudanças numéricas em uma população e explicar como a interação entre essas causas ocorre nas mudanças observadas (Leigh & Emden 2017).

Sabe-se que comunidades de insetos tropicais apresentam variações notáveis em suas populações ao longo do ano e de um ano para outro, porém muitas vezes é difícil detectar generalidades sobre os mecanismos que geram esses aumentos e declínios populacionais (Kozlov et al. 2010).

Embora a importância da comunidade de insetos seja reconhecida, o número de estudos que investigou de forma sistematizada os padrões de variação espaço-temporal na diversidade e abundância de insetos tropicais e subtropicais ainda é pequeno (Wolda 1993; DeVries *et al.* 1997, 1999; Bonilla 1999; DeVries & Walla 2001). Em comparação à grande diversidade dos insetos, são poucos os estudos que procuram conhecer a dinâmica das populações da grande maioria das espécies, mesmo daquelas que apresentam grande importância ecológica (Frieiro-Costa 1994).

No entanto, apesar de poucos, estudos da dinâmica de populações de insetos tropicais, vem aumentando significativamente ao longo dos anos (Wolda 1978ab, 1979, 1988; Vasconcellos-Neto 1991; Caldas 1994; Freitas & Ramos 2001; Postali 2009; Franco 2013; Porto 2018). No caso de Lepidoptera, embora ainda pequena, a quantidade de estudos descrevendo as flutuações populacionais em regiões neotropicais tem dado atenção especialmente para o estágio adulto (Ehrlich & Gilbert 1973; Young & Moffett 1979; Vasconcellos-Neto 1980; Quintero 1988; Freitas 1993, 1996; Ramos & Freitas 1999; Vanini *et al.* 1999; Freitas & Ramos 2001; Freitas *et al.* 2001).

Em relação aos estágios imaturos dos insetos, investigações sobre a dinâmica da fase imatura continuam bastantes escassas (Costa 1991; Morais & Brown 1991; Caldas 1995ab, 1996). Contudo, os estudos sobre essa fase de vida são críticos para entender as relações que estabelecem com os inimigos naturais e suas plantas hospedeiras, e têm enfatizado a identificação e quantificação das causas de mortalidade e também fatores que afetam o tempo de desenvolvimento e a posterior capacidade reprodutiva dos adultos (Haukioja *et al.* 1983; Bultman & Faeth 1985; Haukioja & Neuvonen 1985; Harrison 1994; Caldas 1995ab, 1996).

A escolha da planta hospedeira é um processo complexo para os insetos herbívoros, pois compreende a integração tanto de fatores intrínsecos (preferências inatas, plasticidade comportamental, mobilidade dos imaturos) como de fatores extrínsecos (adequação de plantas, inimigos naturais, competidores) (Gardner & Stermitz 1988; Schoonhoven *et al.* 2005; Carrasco *et al.* 2015; Meiners 2015).

Em insetos, as teorias sobre a evolução da escolha da planta hospedeira sugerem uma forte relação entre as preferências de oviposição e as necessidades nutricionais de seus descendentes (Gripenberg *et al.* 2010; Clark *et al.* 2011). Entretanto, muitos estudos empíricos não mostraram correlações entre a preferência feminina e o desempenho da prole (Jaenike 1990; Cronin *et al.* 2001; Craig & Itami 2008). Esta falta de correlação entre preferência e desempenho indica que a seleção por preferência pode ser modulada tanto pela qualidade nutricional e da planta, mas também a outros fatores como a mortalidade por inimigos naturais ou a competição intraespecífica e interespecífica (Agosta 2006; Craig & Itami 2008).

Múltiplos fatores podem influenciar o crescimento larval, o desenvolvimento e a sobrevivência desses insetos (Thompson 1988; Kessler & Baldwin 2002; Zalucki *et al.* 2002). Porém, a maioria dos dados sobre preferência de oviposição é de experimentos

controlados em laboratório, que ignoram fontes extrínsecas naturais de mortalidade e possivelmente outras variáveis como microclima, habitat, arquitetura de plantas, que não conseguem serem replicadas no laboratório (Singer 1984; Thompson 1988; Mayhew 2001).

Borboletas da tribo Ithomiini (Nymphalidae: Danainae) tem demonstrado um grande potencial como indicadores biológicos para monitorar perturbações antropogênicas devido a sua alta sensibilidade à poluição e às alterações ambientais (Brown & Hutching 1997; Brown & Freitas 2000). Também são consideradas como excelentes preditoras de mudanças na composição de comunidades locais pois estão fortemente associados a outras espécies em complexos anéis miméticos (Beccaloni & Gaston 1995, Brown & Freitas 2000; Willmott & Freitas 2006; Trigo 2008).

Apesar de sua importância e abundância nas florestas neotropicais, existem relativamente poucos estudos sobre a ecologia dos imaturos e dinâmica temporal das borboletas desta tribo. Portanto, levando em consideração a importância de se conhecer e compreender a biologia, a história natural e a dinâmica populacional dos insetos, pretendemos neste presente trabalho, no primeiro capítulo, descrever a biologia e o comportamento dos imaturos de *Pseudoscada erruca* Hewitson, 1855 (Ithomiini), explicar os padrões da seleção de habitat e das frequências de oviposição dos adultos e conhecer seus parasitoides nos diferentes estágios de vida.

No segundo capítulo, iremos abordar a dinâmica populacional de *P. erruca*, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre como os fatores bióticos - fenologia de sua planta hospedeira *Sessea brasiliensis* Toledo (Solanaceae) e seus parasitoides - e os fatores abióticos - precipitação e temperatura - poderiam estar influenciando a abundância e a flutuação populacional dos imaturos desta espécie.

## **Capítulo I**

Biologia e História Natural de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) e seus parasitoides em  
*Sessea brasiliensis* (Solanaceae)

## RESUMO

Borboletas Ithomiini apresentam uma relação estreita com suas plantas hospedeiras da família Solanaceae. Ambos grupos apresentam grande distribuição e diversidade nos trópicos. A borboleta *Pseudoscada erruca* pertence à tribo Ithomiini e se alimenta de plantas da subtribo Cestreae (Solanaceae). Embora se tenha alguns registros sobre a presença e distribuição dos adultos desta espécie, pouco se sabia sobre a biologia dos imaturos e dos parasitoides associados à esta fase. Assim, os objetivos deste capítulo foram: (1) descrever a biologia dos imaturos de *Pseudoscada erruca*; (2) estudar o padrão de oviposição de *P. erruca* em *Sessea brasiliensis*; (3) avaliar o desempenho das lagartas em diferentes plantas hospedeiras; e (4) identificar a fauna de parasitoides associados a *P. erruca*.

Quanto à biologia, descreveu-se todas as fases imaturas de *P. erruca*, de ovo a pupa. Borboletas *P. erruca* colocam ovos isolados na parte abaxial das folhas de suas hospedeiras. Verificou-se que as fases imaturas possuem características morfológicas típicas dos Ithomiini da subtribo Godyridina, diferenciando-se de outras espécies apenas no padrão de coloração da cápsula cefálica e da coloração das lagartas de quinto instar. Em relação aos comportamentos, lagartas recém eclodidas alimentam-se do córion do ovo antes de se alimentar das folhas e durante todos os instares descansam na posição de J. Também se observou que borboletas de *P. erruca* têm uma preferência de micro-habitat, a maioria de seus ovos são colocados em plantas encontradas em locais mais sombreados e em plantas de 1 a 1,50 m de altura.

Ao comparar o desenvolvimento das lagartas alimentadas em *S. brasiliensis* e em hospedeiras do gênero *Cestrum* (Solanaceae), verificou-se que as lagartas apresentaram melhor desempenho quando alimentadas na hospedeira *S. brasiliensis* e pior quando alimentadas em *C. schlechtendalii*, planta não-hospedeira. Lagartas que se alimentaram de *C. schlechtendalii* tiveram um tempo de desenvolvimento mais lento, um maior tamanho de cápsula cefálica, um menor consumo foliar e uma menor massa corporal.

Em relação à fauna de parasitoides associados à *P. erruca* encontrou-se duas espécies de parasitoide de ovo, *Trichogramma* sp. (Trichogrammatidae) e *Telenomus* sp. (Scelionidae), uma espécie de parasitoide de lagarta, *Diadegma* sp. (Ichneumonidae: Campopleginae) e uma espécie de hiperparasitoides *Mesochorus* sp. (Ichneumonidae: Mesochorinae), hospedeiro desconhecido, além de uma espécie de parasitoide de pré-pupa da família Tachinidae (Diptera).



## ABSTRACT

Ithomiini butterflies have a close relationship with their host plants of the Solanaceae family. Both groups present great distribution and diversity in the tropics. The butterfly *Pseudoscada erruca* belongs to the Ithomiini tribe and feeds on plants of the subtribe Cestreae (Solanaceae). Although there are some records on the presence of adults of this species, little is known about the biology of immatures and parasitoids associated with this phase. Thus, the objectives of this chapter are: (1) to describe the biology of the immature *Pseudoscada erruca*; (2) to study the oviposition pattern of *P. erruca* in *Sessea brasiliensis*; (3) to evaluate the performance of caterpillars in different host plants; and (4) to identify the parasitoid fauna associated with *P. erruca*.

Concerning its biology, all immature stages of *P. erruca*, from egg to pupa, were described. *P. erruca* butterflies place isolated eggs in the abaxial leaf surfaces. It was verified that the immature phases have typical morphological characteristics of the Ithomiini of the Godyridina subtribe, differing from other species only in the pattern of coloration of the cephalic capsule and the coloration of the fifth instar caterpillars. Regarding the behaviors, freshly hatched caterpillars feed on the egg chorion before feeding on the leaves and during all instar's rests in a J position. It has also been observed that *P. erruca* butterflies have a microhabitat preference: most of their eggs are placed on plants found in more shaded regions and in plants from 1 to 1.50 m in height.

When comparing the development of caterpillars fed on *S. brasiliensis* and hosts of the genus *Cestrum* (Solanaceae), it was verified that the caterpillars presented better performance when feed *S. brasiliensis* than when feed in *Cestrum* species. Caterpillars that fed *C. schlechtendalii* had slower development time, larger cephalic capsule size, lower leaf consumption, and lower body mass.

In relation to the fauna of parasitoids associated with *P. erruca*, it was found two species of egg parasitoid – *Trichogramma* sp. (Trichogrammatidae) and *Telenomus* sp. (Scelionidae) – a species of caterpillar parasitoid – *Diadegma* sp. (Ichneumonidae: Campopleginae) –, and a species of hyperparasitoids *Mesochorus* sp. (Ichneumonidae: Mesochorinae), as well as a pre-pupal species of the Tachinidae family (Diptera).

## INTRODUÇÃO

As interações tritróficas (planta - herbívoro - inimigo natural) são componentes básicos de quase todos os ecossistemas (McNeill & Southwood 1978; Mattson 1980; Hunter & Price 1992; Hunter 2001; Chen *et al.* 2010; Mooney *et al.* 2012; van Veen 2015). Pesquisadores anteriores a 1980 estudavam esses sistemas sob uma perspectiva bitrófica, considerando apenas as interações par a par, ou seja, interações do tipo planta-herbívoro, herbívoro-inimigos naturais (Dethier 1954; Fraenkel 1959; Ehrlich & Raven 1964; Feeny 1976; Rhoades & Cates 1976). Porém, após o argumento de Price e colaboradores (1980) de que para progredir a compreensão das interações que existem entre plantas e herbívoros, era necessário incorporar uma compreensão de como as interações planta-herbívoro afetam e são afetadas por suas relações com o terceiro nível trófico, o papel dos inimigos naturais (predadores e parasitoides) tem sido reconhecido como importante (Price *et al.* 1980; Bernays 1998; Singer & Stireman 2005; Schmitz 2008).

Para as plantas, os inimigos naturais podem servir como defesas indiretas e mediar a eficácia das defesas diretas (Price *et al.* 1980; Dicke 2000; Gassmann & Hare 2005). Para os herbívoros, os inimigos naturais desempenham um papel fundamental na definição das trocas entre os custos e os benefícios da amplitude de suas dietas (Bernays 1998; Singer 2008). Estudos clássicos argumentam que são os inimigos naturais, especialmente predadores e parasitoides generalistas, o fator dominante na distribuição dos herbívoros em suas plantas hospedeiras (Lawton 1986; Holt & Lawton 1993). Inimigos naturais compartilhados podem gerar cenários competitivos de forma indireta entre insetos herbívoros (Abrams *et al.* 1996; Kaplan & Denno 2007; Montoya *et al.* 2009). Um herbívoro pode afetar negativamente outro herbívoro alterando a abundância

ou o comportamento de um inimigo natural comum, o que é conhecido por “competição aparente mediada por inimigos naturais” (Holt 1977; Wootton 1994; Morris *et al.* 2005). Neste cenário, apenas o herbívoro que suporta maior densidade de parasitoides persistirá na interação (Holt & Lawton 1993), já a espécie menos resistente terá sua abundância reduzida ou até mesmo excluída da comunidade (Holt 1977; Jeffries & Lawton 1984; Abrams *et al.* 1996; Holt & Lawton 1993). Acredita-se que em populações naturais, as espécies menos resistentes poderiam migrar para outras plantas hospedeiras onde tais inimigos naturais estariam ausentes ou em menor número, o que é conhecido como “espaço livre de inimigos naturais” (Jeffries & Lawton 1984; Stamp 2001).

Entretanto, entre as interações planta - herbívoro - inimigo natural também há discussões sob uma abordagem multitrófica, destacando as ações diretas e indiretas que ocorrem entre os componentes bióticos (organismos) e entre os componentes abióticos (temperatura, umidade, CO<sub>2</sub>, clima) presentes nesta interação (Dicke 2000; Tscharnkte & Hawkins 2002; Schoonhoven *et al.* 2005; van Dam & Heil 2011; Rosenblatt & Schmitz 2016; Robinson *et al.* 2017; Liu *et al.* 2019).

A diversidade e ampla distribuição dos Ithomiini em Solanaceae e seus parasitoides, fazem deles um sistema de estudo relevante para se conhecer e investigar essas relações.

#### *Família Solanaceae*

A família Solanaceae A. L. Jussieu (1789) é uma das maiores famílias de angiospermas eudicotiledôneas conhecidas. Estudos sobre sua biodiversidade estimam a existência de 100 gêneros e cerca de 2500 espécies de distribuição cosmopolita (D’Arcy 1991; Olmstead *et al.* 2008). Embora os representantes do grupo ocorram em todas as regiões, tropicais e temperadas, o maior número de espécies encontra-se na região

neotropical (D'Arcy 1991; Olmstead *et al.* 2008). A América do Sul é considerada o centro de sua origem devido à alta riqueza de gêneros e espécies endêmicas (Olmstead *et al.* 2008). O Brasil apresenta grande riqueza de espécies de Solanaceae com cerca de 450 espécies em 32 gêneros, sendo 21 endêmicos (Olmstead *et al.* 2008; Stehmann *et al.* 2010).

Plantas da família Solanaceae são importantes em muitas florestas tropicais por serem colonizadoras de clareiras, desempenhando papel importante nos estágios sucessionais (Tabarelli *et al.* 1999). Esta família é rica em alcaloides, flavonoides e terpenos com as mais diversas funções, tais como inseticidas naturais, fungicidas e bactericidas (Cipollini & Levey 1997; Griffin & Lin 2000; Hunziker 2001; Chowański 2016). Essas substâncias podem ser extremamente tóxicas, repelindo ou intoxicando muitos herbívoros generalistas (Freitas *et al.* 1996; Chowański 2016). Além dos compostos secundários, as Solanaceae também são ricas em defesas físicas. Muitas espécies possuem diferentes tipos de tricomas glandulares, estrelares (não-glandular) e acúleos que impedem tanto a locomoção como a sua digestibilidade pelos insetos herbívoros (Weinhold & Baldwin 2011; Kariyat *et al.* 2017).

### *Tribo Ithomiini*

Um dos mais importantes grupos de fitófagos de Solanaceae são as lagartas de Lepidoptera da tribo Ithomiini (Nymphalidae: Danainae), que causam grandes danos à folhagem de suas plantas hospedeiras (Vasconcellos-Neto 1986, 1991; Brown 1987; Drummond & Brown 1987; Brown & Freitas 1994; Willmott & Freitas 2006; Opitz & Müller 2009).

As borboletas da tribo Ithomiini são exclusivamente neotropicais e possuem uma enorme diversidade de padrões de cores e formas (Lamas 2004). Atualmente o grupo é

compostos por cerca de 390 espécies distribuídas em 48 gêneros, presentes desde o México até o norte da Argentina (De-Silva *et al.* 2017). Apesar de serem encontradas desde o nível do mar até 3000 m de altitude, as borboletas Ithomiini são mais comuns em ambientes de florestas úmidas (Beccaloni 1997; De-Silva *et al.* 2017). No Brasil, estima-se que ocorram cerca de 128 espécies, sendo 54 espécies registradas para a Mata Atlântica e destas, 22 espécies são consideradas endêmicas (Brown 1992). Estas borboletas são consideradas aposemáticas devido à coloração de advertência, ao comportamento de voo lento e às suas defesas químicas, participando de grupos miméticos dos tipos Batesiano e Mülleriano com outras borboletas Ithomiini, Danaini (gênero *Lycorea*) e Heliconiini (Bates 1862; Müller 1879; Beccaloni 1997; Kassarov 2004).

A maioria das Ithomiini adquire defesas químicas na fase adulta, tornando-se impalatáveis aos seus predadores vertebrados (Brown & Vasconcellos-Neto 1976; Cardoso 1997) e invertebrados (Vasconcellos-Neto & Lewinsohn 1984; Brown 1985, 1987). Inicialmente acreditava-se que a maioria dos Ithomiini sequestravam substâncias químicas de suas plantas hospedeiras na fase larval (Drummond 1981; Brown 1984), porém se observou que tal sequestro só foi reportado nas espécies que se alimentavam em Apocynaceae (Trigo & Brown 1990; Orr *et al.* 1996; Trigo *et al.* 1996b). Entretanto, relatos de adultos visitando flores com alcaloides pirrolizidínicos levantaram a dúvida sobre a origem da defesa química (Edgar & Culvenor 1974; Pliske 1975). Experimentos feitos por Brown (1985, 1987) demonstraram que apenas adultos capturados na natureza possuíam alcaloides pirrolizidínicos (APs) e eram evitados por aranhas da espécie *Nephila clavipes* (L.) (Araneae: Nephilidae). Além disto, APs eram o único tipo alcaloide presente nestas borboletas, e não estavam presentes nos extratos de folhas de Solanaceae, confirmando que, para a maioria dos Ithomiini, a defesa química era adquirida apenas na fase adulta. Assim, sugeriu-se que a impalatabilidade é resultado do sequestro de APs do

néctar de flores de *Eupatorium* sp., *Trichogoniopsis adenantha* DC. (Asteraceae), *Prestonia* (Apocynaceae), *Epidendrum paniculatum* Ruiz & Pavón (Orchinadae) e de plantas secas ou murchas de *Heliotropium* e *Tournefortia* (Boraginaceae), espécies de plantas visitadas por estas borboletas (Pliske *et al.* 1976; Brown 1985, 1987; Trigo *et al.* 1996a; Trigo & Brown 1990; Freitas *et al.* 1996).

Entretanto, é interessante notar que a capacidade de sequestrar APs durante a fase larval ocorre mesmo em espécies que se alimentam em Solanaceae. Em um interessante experimento, Trigo e Mota (1990) mostraram que lagartas de diversas espécies de Ithomiini se alimentando de Solanaceae conseguiam sequestrar os APs que foram adicionados artificialmente em suas dietas, sugerindo que essa é uma característica ancestral do grupo.

Os alcaloides pirrolizidínicos também são precursores de feromônios sexuais voláteis que machos disseminam, através dos órgãos androconiais presentes nas asas, durante o cortejo (Pliske *et al.* 1976; Schulz *et al.* 2004). Apesar de muitos trabalhos relatarem que apenas machos adultos buscam ativamente APs para se defenderem e para transferi-los às fêmeas durante o acasalamento como presente nupcial (Brown 1984; Brückmann *et al.* 2000), Masters (1990), em seu trabalho com dietas artificiais contendo esses compostos, verificou que borboletas fêmeas também são capazes de incorporá-los e de se defenderem quimicamente por elas mesmas.

Embora se tenha muitos registros sobre a distribuição dos adultos deste grupo, pouco se sabe sobre a biologia dos imaturos (Vasconcellos-Neto 1980; Freitas 1993, 1996; Ruzsczyk *et al.* 1999). O conhecimento da biologia dos estágios imaturos também é de fundamental importância para análises filogenéticas, pois contribuem na busca de entender as relações que ocorrem entre os táxons, uma vez que, os imaturos podem conservar caracteres morfológicos e comportamentais que apresentam maior sinal

filogenético (Brown & Freitas 1993; Freitas & Brown 2004). Os estágios imaturos das borboletas da tribo Ithomiini são relativamente bem conhecidos para a maioria dos gêneros, no entanto, há informações incompletas para a maioria dos gêneros com maior número de espécies e pouca ou nenhuma informação para muitos gêneros pequenos (Freitas & Brown 2004).

#### *Parasitoides de Ithomiini*

Os Ithomiini podem ser predados ou parasitados em todas as fases do seu desenvolvimento, por uma ou mais espécies de parasitoides (Hawkins & Lawton 1987; Salazar & Whitman 2001). Os parasitoides têm alta representatividade nos ecossistemas terrestres e podem constituir até 20% de todas as espécies de insetos (Godfray 1994). O grupo é constituído principalmente por insetos da ordem Hymenoptera, mas inclui também muitos representantes da ordem Diptera. Os adultos possuem vida livre e alimentam-se de néctar e pólen. As fêmeas localizam seus hospedeiros reconhecendo substâncias voláteis liberadas pelas plantas após o dano causado pelos insetos fitófagos, e podem depositar seus ovos diretamente neles ou em suas imediações (Cardé & Millar 2004; Mumm & Dicke 2010; Cusumano *et al.* 2015).

Quanto ao local de desenvolvimento das larvas, os parasitoides podem ser classificados como ectoparasitoides, cujo desenvolvimento é externo e a larva alimenta-se através de lesões causadas no tegumento do hospedeiro; ou como endoparasitoides, no qual o desenvolvimento e alimentação ocorrem no interior do hospedeiro. As larvas parasitoides também são classificadas de acordo com seu hábito alimentar, como idiobiontes ou coinobiontes (Godfray 1994 Hanson & Gauld (2006)). Os idiobiontes impedem o desenvolvimento de seus hospedeiros após sua paralisação, e usam como hospedeiros principalmente larvas de últimos instares, pré-pupas ou pupas. Os

coinobiontes, por outro lado, permitem que os hospedeiros continuem a se desenvolver mesmo depois de parasitados, não os paralisando após a oviposição (Godfray 1994; Hanson & Gauld 2006). São parasitoides principalmente de ovo-larva e larva-pupa, e na maioria dos casos o parasitoide larval se desenvolve e consome os tecidos de seus hospedeiros matando-o antes de atingirem a maturidade reprodutiva (Godfray 1994; Hanson & Gauld 2006).

Para a região tropical não há trabalhos detalhados sobre as interações parasitoide-hospedeiro e poucos estudos têm focado no grupo dos parasitoides de Lepidoptera. Apesar da grande variedade de compostos defensivos presentes nas Solanaceae, existem poucas informações sobre o comportamento e aquisição destas defesas pelos imaturos de Ithomiini (Freitas *et al.* 1996; Massuda & Trigo 2009).

Curiosamente, é na fase imatura que ocorre maior taxa de predação e parasitismo (Monteiro 1981; Salazar & Whitman 2001). Os imaturos de Ithomiini podem ser atacados por vespas, formigas, aranhas, hemípteros predadores e diversos parasitoides (Monteiro 1981). No entanto, apenas dois trabalhos relatam a associação parasitoide-hospedeiro nas espécies de Ithomiini. Nardi e colaboradores (2006), em um trabalho sobre parasitoides associados a pupas de *Methona themisto* (Hübner, 1818), observaram espécies de parasitoides das famílias Chalcididae, Eulophidae e Ichneumonidae. As espécies encontradas são conhecidas por serem associadas às lagartas e pupas. No segundo estudo, Monteiro (1981), em um trabalho mais detalhado, observou treze espécies de parasitoides associados a nove espécies de Ithomiini. Foram observadas duas espécies de parasitoides de ovo pertencentes às famílias Trichogrammatidae e Scelionidae, cinco espécies de parasitoides de larva das famílias Braconidae e Ichneumonidae, três espécies de parasitoides de pré-pupa da família Tachinidae e três espécies de parasitoides de pupa das famílias Chalcididae e Eulophidae. As espécies que parasitam o gênero *Pseudoscada* são



desconhecidas, assim como suas características enquanto a padrão de parasitismo e desenvolvimento de suas larvas.

Considerando o mencionado acima, os objetivos deste capítulo foram: (1) descrever a biologia dos imaturos de *Pseudoscada erruca*; (2) estudar o padrão de oviposição de *P. erruca* em *Sessea brasiliensis*; (3) avaliar o desempenho das lagartas em possíveis plantas hospedeiras da subtribo Cestreae; e (4) identificar a fauna de parasitoides associados a *P. erruca*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de estudo*

O estudo foi realizado na Serra do Japi, situada no município de Jundiaí-SP (23° 12'S e 46° 52'W). A Serra do Japi é uma pequena cadeia de montanhas com altitude entre 700 a 1300m, cuja vegetação é composta por florestas mesófilas semidecíduas e florestas semidecíduas de altitude (Ab'Saber 1992; Leitão-Filho 1992; Rodrigues & Shepherd 1992), com árvores que podem chegar aos 20 metros de altura, alta densidade do estrato arbóreo e várias espécies endêmicas (Leitão-Filho 1992). O clima é sazonalmente bem definido, com um período chuvoso no verão (dezembro-março) e seco no inverno (junho-agosto). Segundo Pinto (1992) as temperaturas médias variam entre 13,5°C em junho e 20,3°C em janeiro.

A Serra do Japi representa uma área de alta diversidade de Solanaceae quando comparada a outros locais do Brasil. São 57 espécies de 13 gêneros, distribuídas em diferentes altitudes (600 a 1300m) e diversos ambientes como riachos, estradas, campos e brejos. O gênero *Solanum* L. é o mais rico em espécies (38 espécies), seguido dos gêneros *Cestrum* L. (4 espécies) e *Capsicum* L. (3 espécies), com algumas espécies raras e outras mais frequentes (Vasconcellos-Neto *et al.* 2012). Devido ao manejo inadequado

das estradas, habitats destruídos pelo fogo e pelo corte de florestas por interesses imobiliários, no mínimo 14 espécies de Solanaceae estão em risco de extinção local, destacando a espécie *Sessea brasiliensis* Toledo, endêmica do sudeste do Brasil, já inserida na Lista Vermelha da Flora Ameaçada de Extinção da IUCN na categoria de vulnerável (Carvalho 1998).

Nesta região ocorrem 30 espécies de 18 gêneros de borboletas Ithomiini, destas 26 foram registrados por Brown (1992). A maioria dessas espécies alimentam-se de dez gêneros de Solanaceae (*Acnistus*, *Aureliana*, *Athenaea*, *Cestrum*, *Cyphomandra*, *Brugmansia*, *Brunfelsia*, *Dyssochroma*, *Sessea* e *Solanum*) (Brown 1992; Vasconcellos-Neto et al. 2012). Durante o inverno seco desta localidade, os Ithomiini são conhecidos por se agruparem em “bolsões”, locais em que a umidade permanece maior ou onde os recursos estão mais concentrados (Brown 1992).

Em relação aos parasitoides, os únicos trabalhos de referência são o de Sobczak e colaboradores (2012) sobre a fauna de Ichneumonidae (Hymenoptera) da unidade de conservação e de Penteado-Dias & Ramiro (2012) sobre a família Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). Estes autores observaram a ocorrência de 23 subfamília das 34 conhecidas para o Novo Mundo, das quais doze estão associadas às borboletas.

### *Organismos Estudados*

A borboleta *Pseudoscada erruca* (Hewitson 1855) pertence à tribo Ithomiini (Nymphalidae: Danainae) e apresenta distribuição abrangente no Brasil (Freitas *et al.* 2011; Ritter *et al.* 2011; Lima & Zacca 2014). São encontradas em maior frequência em florestas úmidas fechadas (Paluch *et al.* 2011), clareira de matas, e são mais escassas em matas primárias (Mielke & Casagrande 1997). São conhecidas como borboleta-de-asa-

transparente ou borboleta-asa-de-vidro devido a coloração de suas asas (Figura 1). As fêmeas procuram ativamente por suas plantas hospedeiras da família Solanaceae, colocando ovos isolados na parte abaxial da folha.

Na Serra do Japi, ovos e lagartas, são comumente encontrados em três espécies de plantas hospedeiras da subtribo Cestreae, porém em frequências distintas. São abundantes em *Sessea brasiliensis* Toledo, menos frequentes em *Cestrum intermedium* Sendtn. e mais raras em *Cestrum axillare* Vell. (Observações pessoais). Para entender melhor o padrão de distribuição e de oviposição destas borboletas em suas plantas hospedeiras, escolhemos avaliar seu desempenho nessas três espécies de planta hospedeira e na espécie *Cestrum schlechtendalii* G. Don que, apesar de ocorrer nas mesmas áreas que as demais, não há registros de oviposição de *P. erruca*. Essa espécie pode ser importante para entender o padrão de escolha pelas borboletas, já que apresentam características distintas das espécies hospedeiras, como a dureza foliar e a composição química das folhas.



Figura 1. Borboletas fêmea e macho de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

A espécie *Sessea brasiliensis* é uma espécie arbórea, mais frequente em altitudes de 900 a 1000 m, podendo atingir até 20 m de altura. Possui folhas cartáceas com superfície adaxial glabra e superfície abaxial glabrescente, são dotadas de tricomas simples, porém ausentes sobre a nervura principal (Figura 2). Ocorre principalmente nas

bordas de trilhas e estradas em locais mais sombreados (Saka 2009; Vasconcellos-Neto *et al.* 2012).

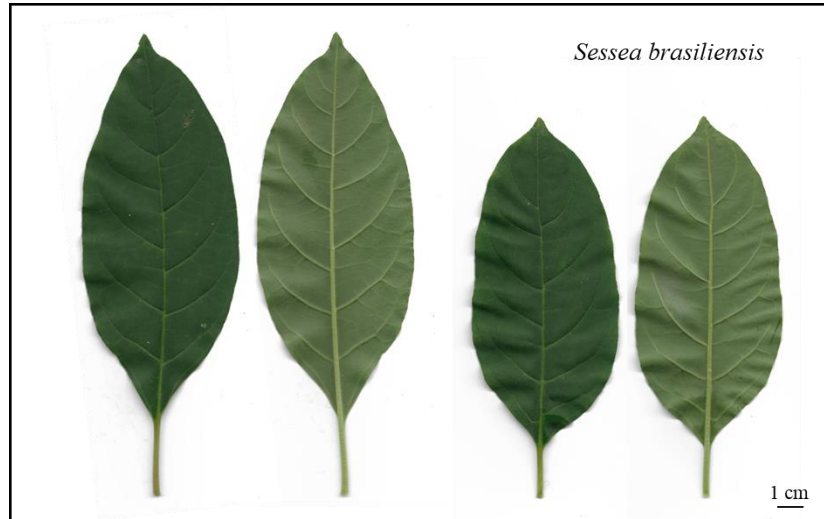


Figura 2. Folhas de *Sessea brasiliensis* (Solanaceae), face adaxial e abaxial.

*Cestrum intermedium* também tem porte arbóreo, porém atingindo de 10 a 15m de altura. Sua distribuição compreende faixas de altitudes entre 850 e 1000 m. As folhas são mais finas de consistência cartácea, com estípulas foliáceas, superfícies adaxial e abaxial glabras (Figura 3). São encontradas em ambientes mais sombreados e úmidos, com solos úmidos e ricos em matéria orgânica (Vignoli-Silva 2009; Vasconcellos-Neto *et al.* 2012).

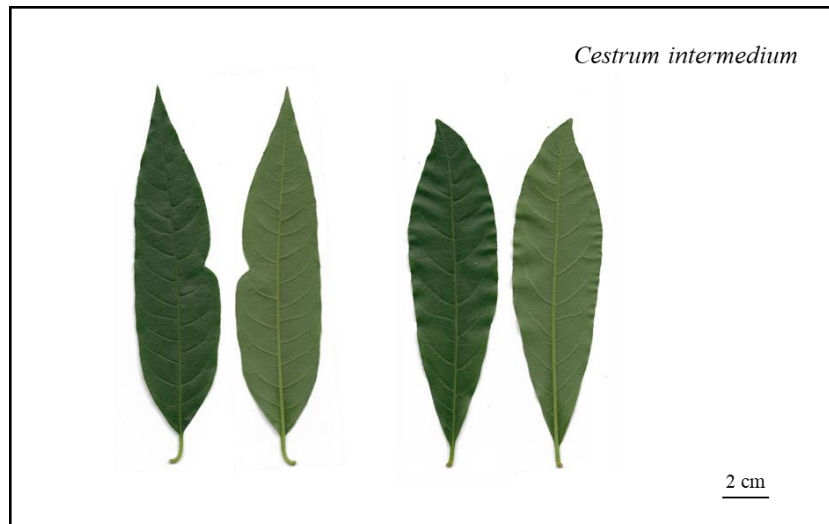


Figura 3. Folhas de *Cestrum intermedium* (Solanaceae), face adaxial e abaxial.

*Cestrum axillare*, anteriormente *Cestrum laevigatum* Schltdl., é um arbusto com até 8 m de altura, distribuído entre 740 a 900 m de altitude. As folhas são de consistência cartácea, com superfícies adaxial e abaxial glabras e nervuras proeminentes de coloração clara na face abaxial (Figura 4). Ocorrem em ambientais mais abertos, próximos de cursos d'água com solos mais úmidos e brejosos (Silva 2009; Vignoli-Silva 2009; Vasconcellos-Neto *et al.* 2012).

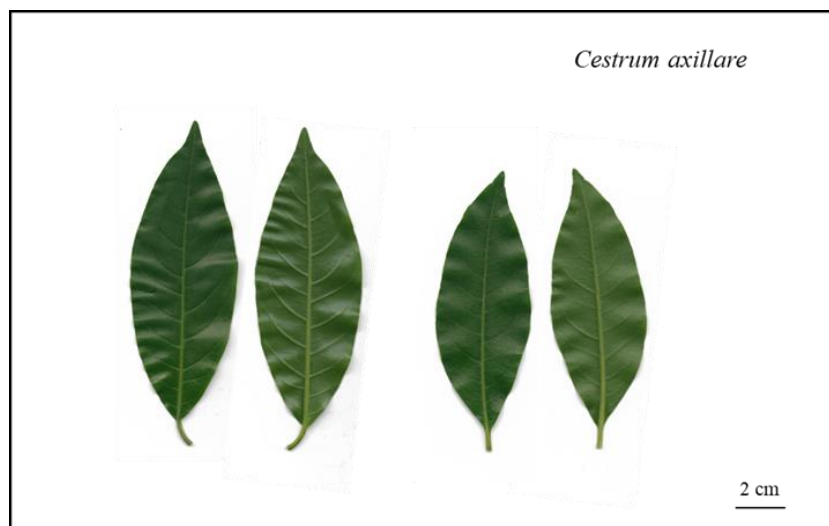


Figura 4. Folhas de *Cestrum axillare* (Solanaceae), face adaxial e abaxial.

*Cestrum schlechtendalii* G. Don ocorre nas mesmas altitudes que *C. intermedium*, variando do aspecto arbustivo à arbóreo e atingindo de 1,5 m a 8 m de altura. As folhas, diferentemente as plantas anteriores, são de consistência coriácea ou subcoriácea com superfícies adaxial e abaxial glabras (Figura 5). São frequentemente encontrados no interior e bordas de matas, em solos úmidos ou secos (Saka 2009; Vignoli-Silva 2009; Vasconcellos-Neto *et al.* 2012).

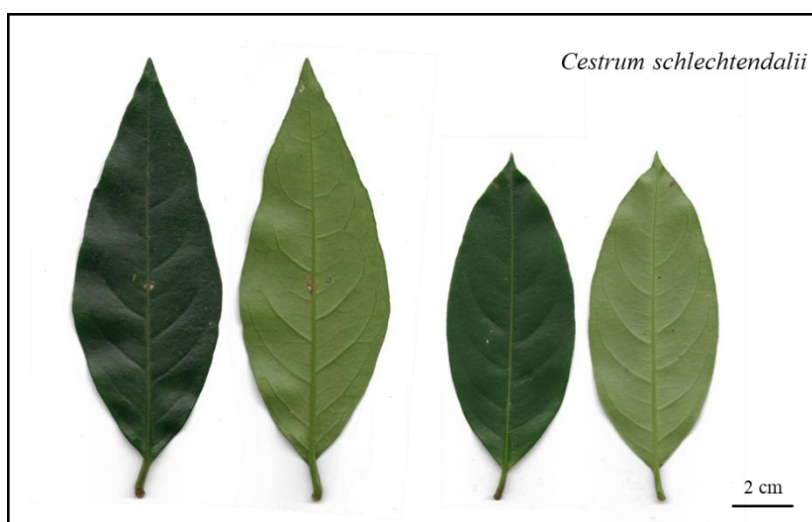


Figura 5. Folhas de *Cestrum schlechtendalii* (Solanaceae), face adaxial e abaxial.

Em relação aos parasitoides, embora estejam presentes em toda fase imatura dos Ithomiini (ovo, lagarta, pupa), nenhuma associação foi descrita até o momento para a espécie *P. erruca*.

#### *Biologia de Pseudoscada erruca*

Para estudar o ciclo de vida de *Pseudoscada erruca*, foram coletados ovos em suas respectivas plantas hospedeiras *Sessea brasiliensis* e *Cestrum intermedium*, presentes nas bordas das estradas e trilhas da Serra do Japi, Jundiaí – SP, entre abril e maio de 2017.

Dezenove ovos foram coletados e levados para o laboratório (Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, UNICAMP) e colocados individualmente na parte abaxial de folhas maduras de *Sessea brasiliensis*, também coletadas na Serra do Japi.

Os pecíolos das folhas foram colocados dentro de pequenos potes de vidro com água e algodão para sua fixação, evitando a desidratação das folhas. O sistema foi colocado dentro de potes de criação de material plástico e capacidade de 500 ml. Os potes foram condicionados na sala de criação sob temperatura de 25 °C ( $\pm 2$ ) e fotoperíodo de 12h luz; 12h escuro e inspecionados diariamente para observar a eclosão de cada ovo e as mudanças dos instares, assim como para a troca de folhas até a fase de pupa e limpeza das fezes.

Foram medidos o comprimento e o diâmetro do ovo e o tamanho da cápsula da cabeça das lagartas em cada instar, distância entre os ocelos mais externos, como em Freitas (1993). Todas as medidas foram feitas usando o programa LARS do microscópio óptico de marca Leica® equipado com uma câmera digital. Também foram mensurados o comprimento das lagartas (distância da cabeça até o último segmento abdominal), e as dimensões da pupa (comprimento e diâmetro), ambos com auxílio de um paquímetro digital.

#### *Padrão de oviposição de *Pseudoscada erruca* em *Sessea brasiliensis**

Para explorar se a oviposição das borboletas era influenciada pelo micro-habitat na qual se encontrava a planta hospedeira, foram avaliados dois fatores de cada lugar onde estavam os ovos: (1) abertura do dossel e (2) altura da folha.

A abertura do dossel é considerada como uma variável capaz de caracterizar um certo micro-habitat, já que o grau de exposição à luminosidade está intrinsicamente relacionado a temperatura e a umidade local (Whitmore 1989; Brown 1993; Martins & Rodrigues 2002). Já a altura da folha selecionada poderia estar relacionada ao padrão de voo das borboletas, à facilidade de encontro da planta hospedeira e às variações do micro-

habitat em cada faixa de altura. Assim, foram inspecionadas 196 plantas de *S. brasiliensis* distribuídas ao longo duas trilhas (A e B) descritas no segundo capítulo.

Para cada oviposição mediu-se a abertura do dossel sobre o ápice do ramo na qual se encontrava a folha e a altura dos ovos presentes a partir do solo. Em casos em que a mesma planta apresentava ovos em ramos distantes, cada ramo foi considerado como uma planta independente. Para medir a abertura de dossel utilizou-se uma câmera fotográfica EOS equipada com uma lente grande angular e o programa Image J (Rasband 2018) para o processamento das imagens e quantificação da área sombreada. As medidas de abertura de dossel foram separadas em cinco categorias de sombreamento como em Souza & Vasconcellos-Neto (no prelo): (1) 0 a 20%, (2) 21 a 40%, (3) 41 a 60%, (4) 61 a 80% e (5) 81 a 100%. A altura dos ovos foi medida como uma régua graduada e separada em quatro categorias de altura: (1) 0 a 0,50 m, (2) 0,51 a 1,00 m, (3) 1,01 a 1,50 m e (4) 1,51 a 2,00 m.

Para comparar a distribuição de ovos com a oferta de plantas para a oviposição, foram analisadas as frequências de *S. brasiliensis* em relação à abertura de dossel e altura das plantas (do solo até gema apical) como descritas acima. E para verificar se a distribuição dos ovos foi aleatória ou se houve preferência por um determinado habitat de sombreamento e altura foi utilizado o teste Chi-quadrado.

#### *Desempenho nas diferentes plantas hospedeiras*

Ovos de *P. erruca* foram coletados diretamente das plantas hospedeiras *S. brasiliensis* e *C. intermedium* nas bordas das trilhas da Serra do Japi e logo foram acondicionados em placas de Petri (Ø 6 cm) e mantidos em estufa sob temperatura de 23°C ( $\pm$  2) e fotoperíodo de 12h luz; 12h escuro.



Após a eclosão, as lagartas foram colocadas sobre folhas frescas, maduras e sem danos nas quatro espécies de plantas selecionadas (*S. brasiliensis*, *C. intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Os tratamentos foram montados de forma aleatória com o objetivo de diminuir o efeito de parentesco e as variações fenotípicas sazonais. As lagartas foram criadas em estufa com fotoperíodo, temperatura e umidade controlados e sob as mesmas condições descritas anteriormente.

O desempenho dos indivíduos de *P. erruca* foi obtido medindo-se como variáveis (1) o tempo de desenvolvimento do 1º instar até a emergência do adulto, (2) o consumo foliar de cada estágio larval, (3) o tamanho da cápsula cefálica de cada instar do estágio larval, (4) a massa corporal das lagartas de segundo ao quinto instar 24h depois da ecdise de cada instar, a massa da pupa 48h após o processo de pupação e a massa do adulto 24h após o adulto ter emergido da pupa, (5) e o comprimento alar dos adultos (comprimento da asa superior esquerda).

Para medir o consumo foliar, as folhas de cada tratamento foram escaneadas, antes e após o consumo pelas lagartas em cada instar, em uma impressora modelo HP DeskJet 2130 series em padrão colorido. A área da folha consumida, em cm<sup>2</sup>, foi medida pelo programa software Image J (Rasband 2018). A diferença entre a área foliar antes e após o consumo representou a área foliar consumida pelas lagartas. A massa seca da área foliar consumida foi obtida com o uso de 10 amostras de 1 cm<sup>2</sup> de folhas de cada espécie de planta. As amostras foram secadas em estufa a 60°C por 24h, e depois, medidas em balança analítica. A média da massa das amostras para cada espécie de planta hospedeira foi calculada, assim, a área foliar consumida vezes a média da massa seca das amostras de cada espécie de planta hospedeira correspondeu à massa seca da área foliar consumida.

As variáveis foram medidas no total de 64 indivíduos de *P. erruca* (16 indivíduos alimentando-se de cada planta selecionada). Essas variáveis foram comparadas

separadamente usando-se ANOVA de um fator, onde a variável preditora foi a espécie da planta e as variáveis respostas as variáveis descritas anteriormente.

#### *Fauna de parasitoides*

Para conhecer a fauna de parasitoides de *Pseudoscada erruca*, ovos e lagartas parasitados foram coletados nas folhas de indivíduos de *Sessea brasiliensis* e *Cestrum intermedium*, que não foram utilizados no estudo da dinâmica populacional descrita no seguinte capítulo. Os ovos e lagartas foram levados ao laboratório e mantidos nos potes de criação e nas condições controladas já descritas.

Os parasitoides emergidos foram sacrificados colocando-os dentro de um freezer e logo foram conservados em EtOH 70%. Para a identificação e sexagem dos parasitoides contamos com a colaboração da Profa. Dra. Angélica Maria Penteado Martins Dias, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides da Região Sudeste do Brasil (HYMPAR/SUDESTE) e Dr. Valmir Antonio Costa, pesquisador do Instituto Biológico, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

A taxa de parasitismo e dinâmica dos parasitoides serão abordados no segundo capítulo da dissertação.

## **RESULTADO**

#### *Biologia de Pseudoscada erruca*

Na Serra do Japi, ovos e lagartas de *Pseudoscada erruca* (Hewitson 1855) são frequentemente encontrados na parte abaxial de folhas maduras e novas de *Sessea brasiliensis* Toledo e *Cestrum intermedium* Sendtn. Geralmente é observado apenas um ovo em cada folha, embora seja comum encontrar dois ( $n = 28$ ) ou três ( $n = 20$ ) ovos por folha, e já se tenha observado até cinco ovos na mesma folha ( $n = 4$ ).

O ovo possui córion branco, tornando-se translúcido perto da eclosão da lagarta. O formato é ovoide com base achatada. Conta com 23 sulcos longitudinais e 14 sulcos transversais (Figura 6A). Um desenho de linha do ovo de *Pseudoscada erruca* foi publicado por Brown & Freitas (1994) (Figura 6B). Os ovos tiveram diâmetro médio de 1,2 mm (DP = 0,4 mm; n=5) e altura média de 1,1 mm (DP = 0,2 mm; n = 5). A fase de ovo durou entre de 6 e 7 dias (n = 7) (Tabela 1).



Figura 6. (A) Ovos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini). (B) Ilustração do ovo de *P. erruca* publicado por Brown & Freitas (1994).

Alguns dias antes da eclosão, o córion do ovo torna-se translúcido ficando visível o escurecimento da cápsula cefálica da lagarta em desenvolvimento (Figura 7A, B). Após a eclosão, as lagartas comeram todo o córion, e mais tarde começaram a comer as folhas, mastigando pequenas porções formando pequenos orifícios na lâmina (Figura 7B, 8A).

Tabela 1: Tempo de desenvolvimento (dias) das fases imaturas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

Estágio larval	Tempo (dias)
Ovo	6 a 7
1º instar	2 a 3
2º instar	1 a 2
3º instar	1 a 2
4º instar	2 a 3
5º instar	4 a 5
Pupa	8 a 10
<b>Total</b>	<b>21 a 23</b>



Figura 7. (A) Ovos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) translúcidos permitindo visualizar a cápsula da lagarta; (B) Lagarta comendo córion do ovo.

As lagartas de primeiro instar são de aparência branca translúcida, tornando-se verdes após a alimentação. A cápsula da cabeça é de coloração escura (variando do castanho ao preto) (Figura 8A, B). A largura média da cápsula da cabeça foi de 0,30 mm (DP = 0,02 mm). O comprimento médio da lagarta de primeiro instar foi de 4,7 mm (DP = 0,6 mm). Lagartas permaneceram no primeiro instar de 2 a 3 dias (Tabela 1 e 2).



Figura 8. (A) Lagartas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) recém emergidas e se alimentando do córion. (B) Lagarta de *P. erruca* de 1º instar.

Tabela 2: Tamanho da cápsula cefálica (média e desvio padrão) e comprimento corporal (média e desvio padrão) dos estádios larvais de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

Estádio larval	Cápsula cefálica (mm)	Comprimento larval (mm)
1º instar	0.3 ±0.02	4.7 ±0.6
2º instar	0.4 ±0.03	7.0 ±0.8
3º instar	0.6 ±0.04	10.5 ±1.4
4º instar	0.8 ±0.02	14.5 ±2.5
5º instar	1.2 ±0.09	21.1 ±2.2

As lagartas de segundo instar são de coloração verde translúcida com o conteúdo intestinal visível. A cápsula da cabeça é transparente com um arco preto na parte superior que permanece até o último instar (Figura 9A). A largura média da cápsula da cabeça foi de 0,40 mm (DP = 0,02 mm). O comprimento médio das lagartas foi de 7,0 mm (DP = 0,80 mm). Lagartas permaneceram no segundo instar de 1-2 dias (Tabela 1 e 2).

Já as lagartas de terceiro instar apresentaram coloração verde pálida, com uma estreita faixa dorsolateral ao longo do corpo de coloração amarela. Semelhante à lagarta de segundo instar, o conteúdo intestinal continuou visível. A cápsula da cabeça é

transparente com um arco preto na parte superior (Figura 9B). A largura média da cápsula da cabeça foi de 0,60 mm (DP = 0,04 mm). O comprimento médio das lagartas foi de 10,5 mm (DP = 1,4 mm), e a duração do terceiro instar foi de 1 a 2 dias (Tabela 1 e 2).

O quarto instar mantém semelhanças morfológicas ao instar anterior (Figura 9C). A largura média da cápsula da cabeça foi de 0,80 mm (DP=0,02 mm) e o comprimento médio das lagartas foi de 14,5 mm (DP = 2,5 mm). A duração do quarto instar foi de 2 a 3 dias (Tabela 1 e 2).

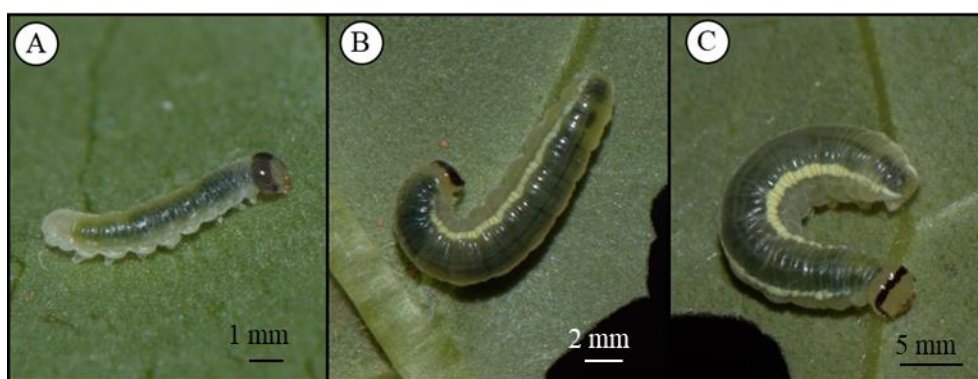


Figura 9. Lagartas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) de (A) 2º, (B) 3º e (C) 4º instar.

O último estágio larval (quinto instar) apresentou uma coloração verde claro na parte dorsal com uma faixa dorsolateral amarela com ponto laranjas conspícuos (Figura 10A). Cerca de um dia antes da pupação, as lagartas param de comer e esvaziam o intestino, o corpo incha e torna-se translúcido (Figura 10B). A cápsula da cabeça é transparente com um arco preto na parte superior. A largura média da cápsula da cabeça foi de 1,20 mm (DP = 0,09 mm). O comprimento médio foi de 21,1 mm (DP = 2,2 mm) e a duração do quinto instar foi de 4 a 5 dias, incluindo cerca de um dia em pré-pupa (Tabela 1 e 2).



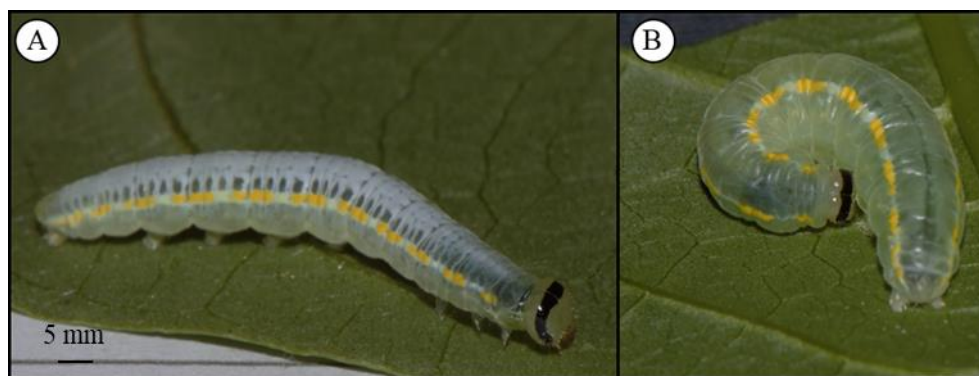


Figura 10. (A) Lagarta de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) de 5º instar; (B) Lagarta de 5º instar preparando-se para a fase de pupa.

Desde o primeiro instar, as lagartas permaneceram na parte abaxial da folha e construíram tapetes de seda finos para se fixar na folha e descansar na posição em forma de “J”. Em todos os instares, antes da ecdise, as lagartas pararam de se alimentar e eliminaram todo o conteúdo intestinal, e após esse processo todas as lagartas apresentaram o comportamento de comer a exúvia antes da folha e lançar para longe a cápsula cefálica do instar anterior (Figura 11A e B). No quinto instar, algumas lagartas cortaram metade da base do pecíolo, deixando a folha curvada/tombada. Esse comportamento foi observado tanto em condições controladas de laboratório como também na natureza.

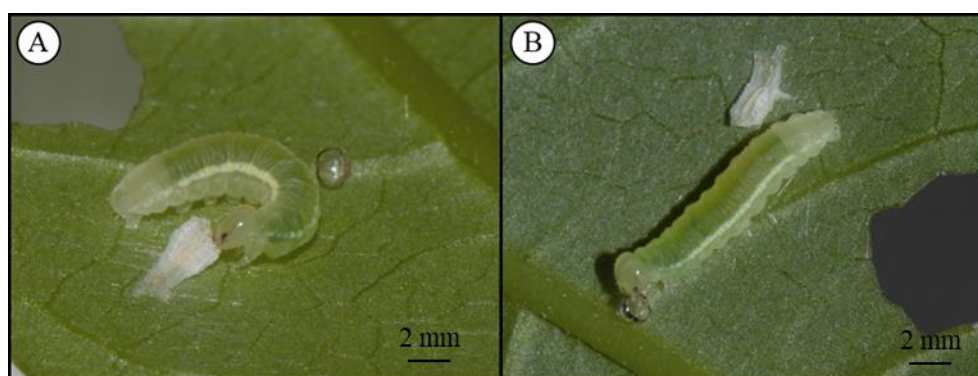


Figura 11. Lagartas de *P. erruca* no início do 4º instar (A) se alimentando da exúvia e (B) lançando cápsula cefálica do instar anterior.

A fase de pupa ocorreu principalmente fora da planta hospedeira, em plantas vizinhas. Nenhuma pupa foi encontrada em suas plantas hospedeiras. Ao encontrarem um local para empupar, as lagartas cobrem essa superfície com fios de seda e se prendem, permanecendo esticadas, com a cabeça para baixo, até a muda (Figura 12A). Logo após completar a ecdise para o estágio de pupa possui coloração verde, adquirindo listras douradas depois de um ou dois dias com alguns pontos pretos espalhados nas regiões das asas e da área ocular (Figura 12B). A altura média da pupa foi de 1,16 mm (DP = 0,15 mm; n = 5) e a largura média foi de 1,10 mm (DP = 0,15 mm; n = 5), com duração de 8-10 dias (n = 19) (Tabela 1). As pupas foram capazes de fazer movimentos vigorosos se perturbadas. No final do desenvolvimento, a pupa torna-se preta, devido à coloração das asas do adulto. Ao emergir, o adulto emite o mecônio de coloração amarela e se pendura para estender e secar suas asas. O tempo de desenvolvimento total, do ovo até a fase adulta, foi de 21 a 23 dias (Tabela 1).

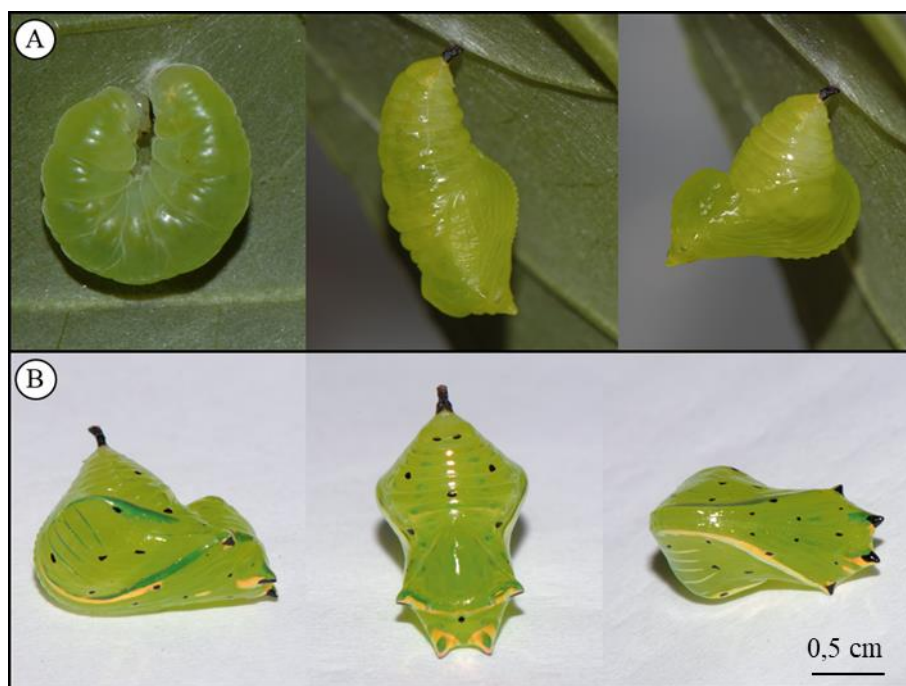


Figura 12. (A) Lagarta de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em processo de pupação; (B) Pupa de *P. erruca* (vista lateral, ventral e dorsal).



*Padrão de oviposição de Pseudoscada erruca em Sessea brasiliensis*

Das 196 plantas inspecionadas, 93 continham ovos e estes estavam presentes apenas em locais de 40% a 100% de sombreamento (Figura 13).



Figura 13. Categorias de sombreamento com ovos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini): (A) 41 a 60%, (B) 61 a 80% e (C) 81 a 100%.

A distribuição de ovos de *P. erruca* nesses ambientes não foi aleatória ( $X^2 = 146,29$ ;  $gl = 4$ ;  $p < 0,001$ ). A maioria dos ovos ( $n = 75$ ) foram colocados em locais entre 61 a 80% de sombra (Figura 14).

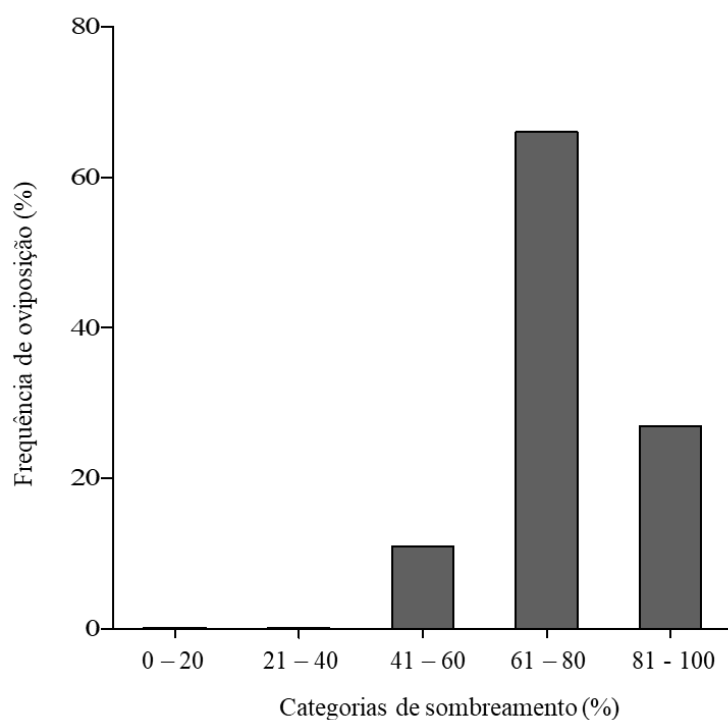


Figura 14. Frequência de oviposição de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) em diferentes ambientes (área aberta, área intermediária e área sombreada), na Serra do Japi, Jundiaí - SP.

Em relação à altura em que ovo se encontrava nas plantas, a distribuição de ovos de *P. erruca* também não foi aleatória ( $X^2 = 7,754$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,051$ ). Encontrou-se um maior número de ovos na faixa de altura de 1,01 a 1,50 m (Figura 15).

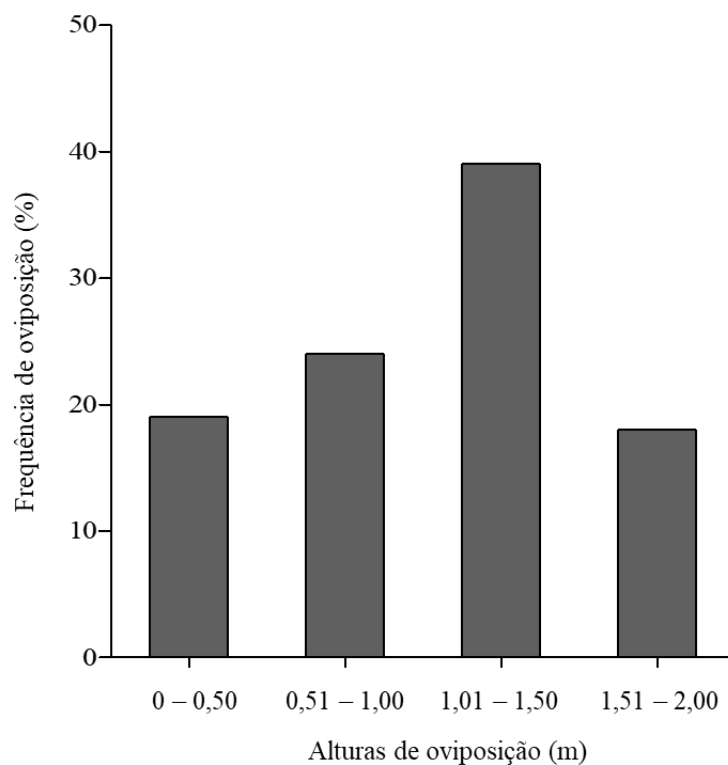


Figura 15. Frequência de oviposição de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) em diferentes alturas na planta hospedeira, na Serra do Japi, Jundiaí - SP.

Entre todas as plantas de *Sessea brasiliensis* encontradas nas trilhas A e B, 115 estavam em locais com 61 a 80% de sombra ( $X^2 = 3328,5$ ;  $gl = 3$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 16) e com uma distribuição homogênea entre as faixas de altura ( $X^2 = 5,891$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,117$ ) (Figura 17).

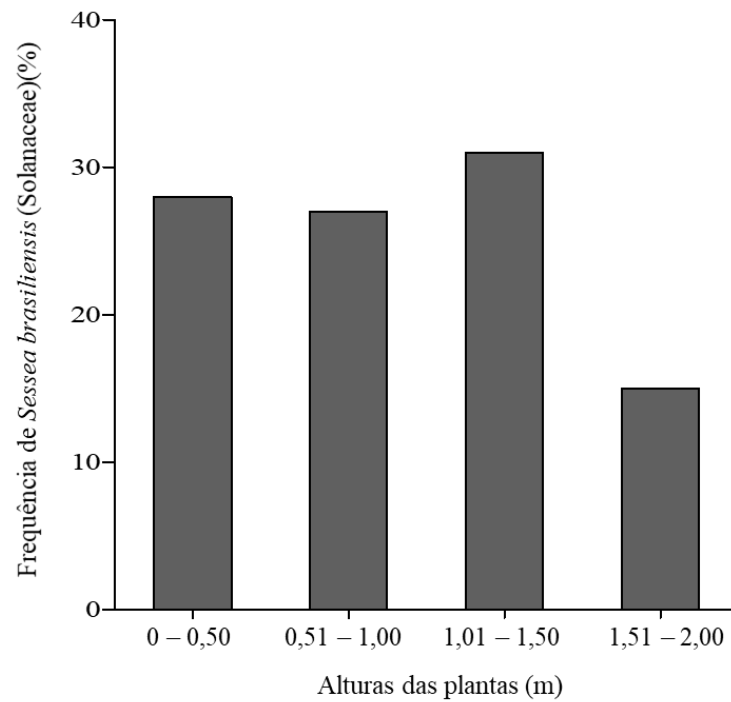


Figura 16. Frequência de *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) em diferentes categorias de sombreamento, na Serra do Japi, Jundiá - SP.

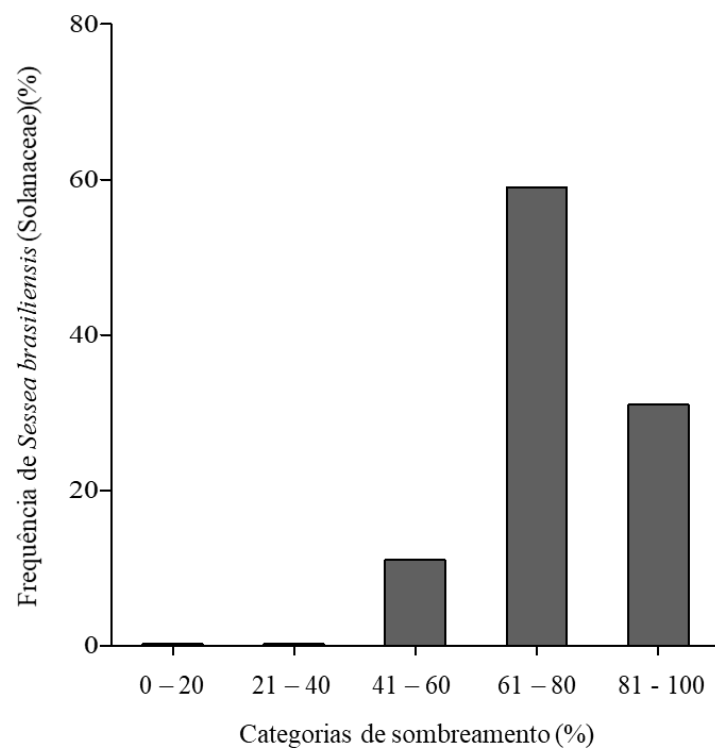


Figura 17. Frequência de *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) em diferentes alturas, na Serra do Japi, Jundiá - SP.

*Desempenho de Pseudoscada erruca nas diferentes plantas hospedeiras*

O tempo total de desenvolvimento dos imaturos de *P. erruca*, do primeiro instar até a emergência do adulto, diferiu significativamente em função das diferentes plantas que foram alimentados (Figura 18). Lagartas tiveram tempo de desenvolvimento mais lento em *Cestrum schlechtendalii*, planta não-hospedeira, ( $\bar{X} = 29$  dias) e em menos tempo nas plantas hospedeiras ( $\bar{X} = 26$  dias) (ANOVA's e Testes Tukey em Anexo 1).

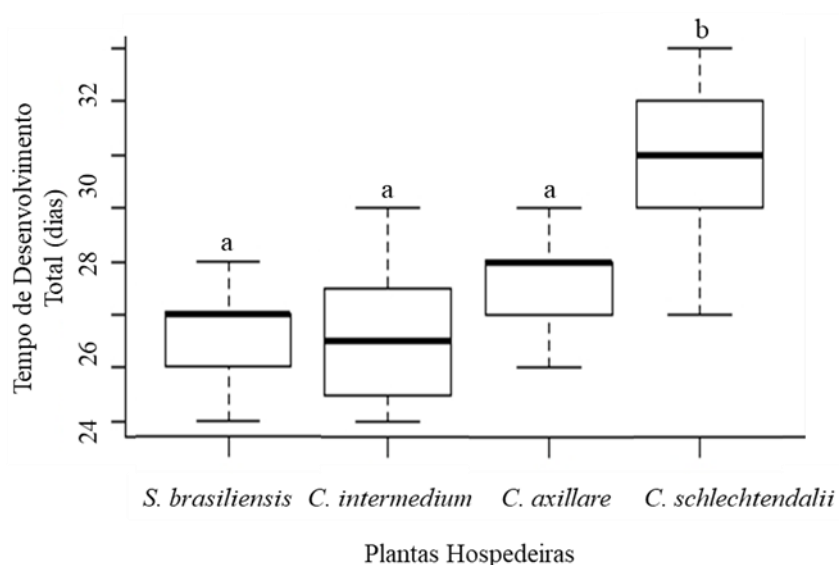


Figura 18. Tempo total de desenvolvimento, do primeiro instar à emergência do adulto, de borboletas *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes plantas hospedeiras (*Sessea brasilienses*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença estatisticamente significativa, barras representam desvio padrão.

Para a duração de cada estágio larval também houve diferenças dependendo da espécie da planta e do instar da lagarta. No primeiro instar somente houve uma diferença significativa no tempo de desenvolvimento entre lagartas que se alimentaram de *C. schlechtendalii* e *S. brasiliensis*. No segundo instar, lagartas alimentadas em *C. schlechtendalii* também levaram mais tempo para mudar de instar, seguida por *C. axillare*, *C. intermedium*, e *S. brasiliensis*. Do terceiro instar até o quinto instar observou-

se uma mudança no padrão. *C. schlechtendalii* continua com o maior tempo de desenvolvimento, porém *C. intermedium* apresentou o menor tempo de desenvolvimento que as outras hospedeiras (Figura 19). Já no estágio de pupa, não houve diferença significativa entre as todas as plantas. (ANOVA's e Testes Tukey em Anexo 1; Anexo 2).

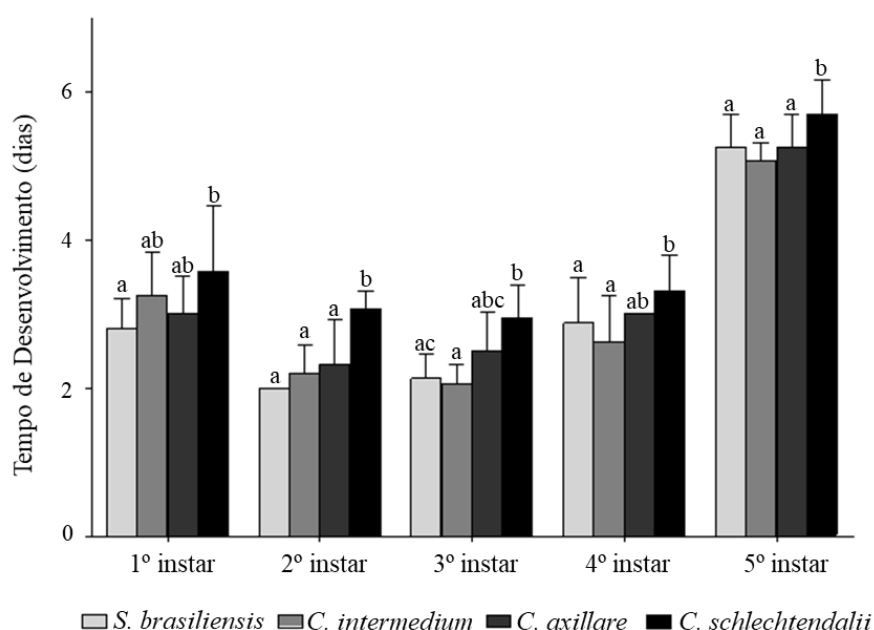


Figura 19. Tempo de desenvolvimento de cada instar de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes plantas hospedeiras (*Sessee brasilienses*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença estatisticamente significativa, barras representam desvio padrão.

Para o tamanho da cápsula cefálica, não houve diferenças significativas entre as espécies de plantas no primeiro e no segundo instar. Porém desde o terceiro instar até o quinto instar, ocorrem diferenças entre as lagartas: no terceiro instar a cápsula cefálica foi menor em *C. intermedium*, no quarto e quinto instar a cápsula cefálica foi sempre maior em *C. schlechtendalii* do que nas espécies (Figura 20) (ANOVA's e Testes de Tukey em Anexo 3; Anexo 4).

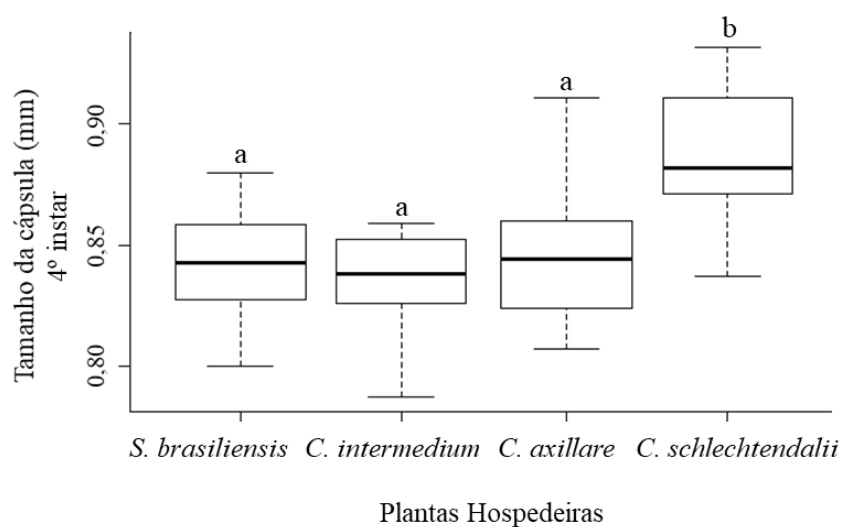


Figura 20. Tamanho da cápsula cefálica de lagartas de 4º instar de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) alimentadas em diferentes plantas hospedeiras (*Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.

O consumo foliar das lagartas de *P. erruca*, do primeiro ao quinto instar, foi significativamente diferente entre as lagartas alimentadas nas diferentes plantas (Figura 21). O consumo total, assim como em todos instares, lagartas consumiram mais massa foliar de *C. schlechtendalii* do que das hospedeiras (ANOVA's e Testes de Tukey em Anexo 5; Anexo 6).

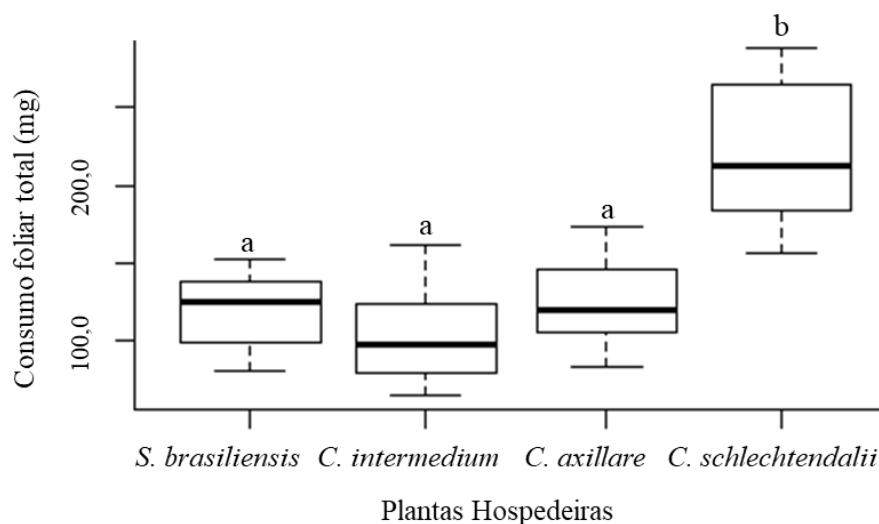


Figura 21. Consumo foliar total de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes plantas hospedeiras (*Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.

A massa das lagartas de *P. erruca* também variou de forma significativa entre as espécies de planta em cada instar. No segundo instar observou-se que o menor ganho de massa foi em *C. schlechtendalii* do que nas plantas hospedeiras, no terceiro instar o ganho de massa foi maior em *S. brasiliensis* e *C. intermedium* do que em *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Figura 22) (ANOVA's e Testes de Tukey em Anexo 7; Anexo 8).

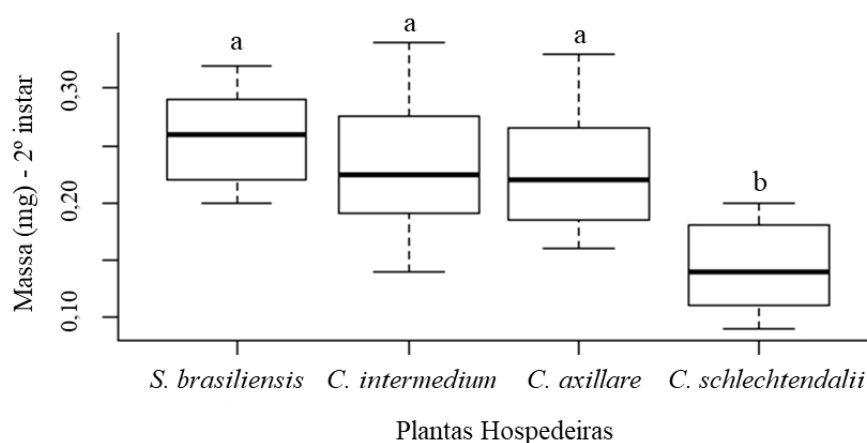


Figura 22. Massa corporal do 2º instar de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes plantas hospedeiras (*Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.



Já no quarto e quinto instar, não houve diferenças significativas no ganho de massa entre as lagartas (Anexo 4), porém no estágio de pupa foi possível observar diferenças entre a massa das lagartas que se alimentaram das plantas hospedeiras, que tiveram maior massa do que em *C. schlechtendalii*, planta não-hospedeira (Figura 23) (ANOVA's e Testes Tukey em Anexo 7; Anexo 8).

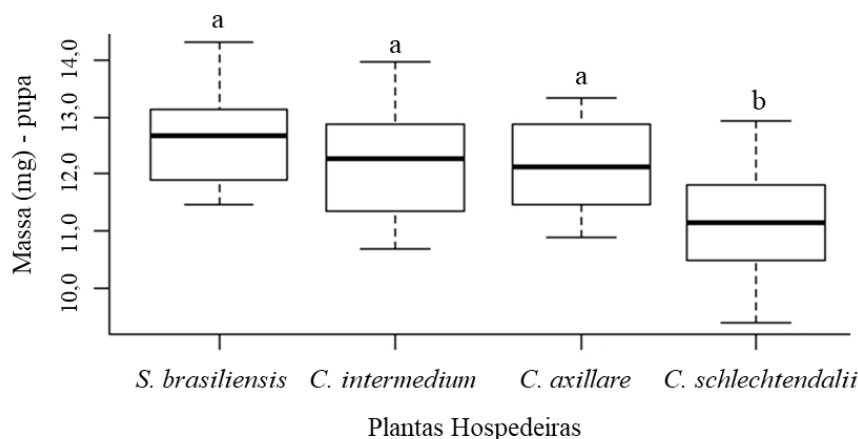


Figura 23. Massa da pupa de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes plantas hospedeiras (*Sessee brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.

Quanto às métricas dos adultos, a massa das borboletas que se alimentaram na fase larval em *S. brasiliensis* foi significativamente maior, seguida por *C. intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Figura 24) (ANOVA's e Testes de Tukey em Anexo 7). Já o comprimento alar dos adultos foi maior quando as lagartas foram alimentadas com folhas de *S. brasiliensis* em comparação às lagartas alimentadas com *C. intermedium* e *C. schlechtendalii* (Figura 25) (ANOVA's e Testes de Tukey em Anexo 9).

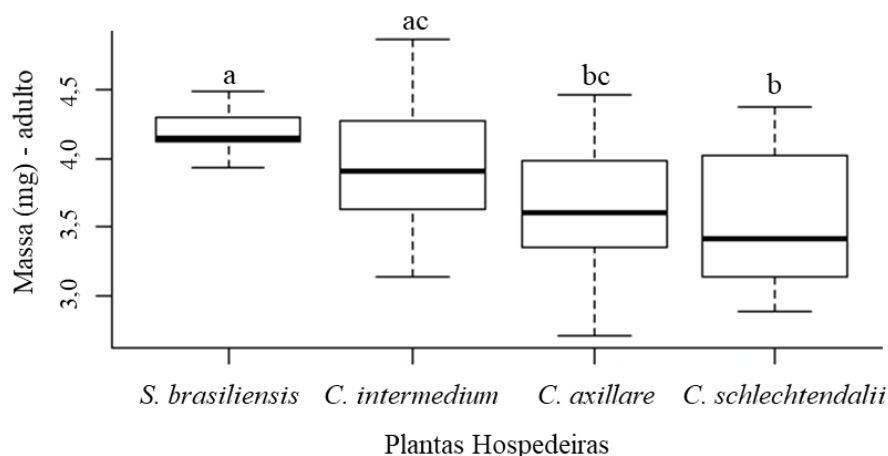


Figura 24. Massa do adulto de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes plantas hospedeiras (*Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.

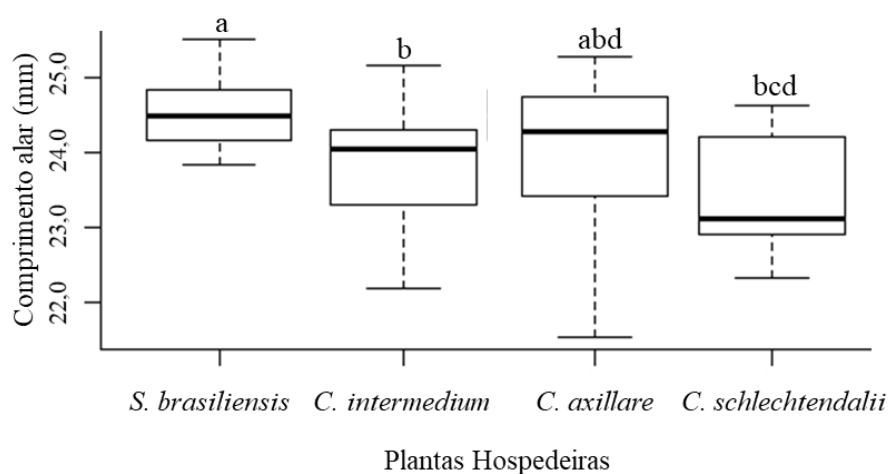


Figura 25. Comprimento alar de adultos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) alimentadas em diferentes plantas hospedeiras (*Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii*). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.

#### *Fauna de parasitoides de Pseudoscada erruca*

Ovos de *P. erruca* foram atacados por dois grupos de parasitoides: *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae). Os parasitoides *Trichogramma* sp. são gregários, observou-se de 4 a 6 parasitoides emergindo de cada ovo de *P. erruca* (n=8).

Já os parasitoides *Telenomus* sp. são solitários, apenas um parasitoide emergiu por ovo de *P. erruca* (n=12). Ovos de *Pseudoscada erruca* quando parasitados, por ambos grupos, apresentaram uma variação na coloração do cinza ao preto (Figura 26). Ambos parasitoides de ovos se desenvolveram inteiramente no interior do ovo do hospedeiro, saindo deste já na fase adulta. Os parasitoides emergidos realizaram um buraco nas laterais ou no ápice do córion do ovo para saírem.



Figura 26. Ovo parasitado de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

Também foram encontrados dois grupos de parasitoides de lagartas: *Mesochorus* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae: Mesochorinae) e *Diadegma* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae: Campopleginae) (Figura 27, 28). Assim como os grupos de parasitoide de ovos, esses parasitoides também se desenvolveram inteiramente dentro do estágio larval do hospedeiro.

Quando a lagarta parasitada chega ao último estágio larval (5º instar) perde a coloração típica deste estágio e torna-se amarelada. Neste momento é possível visualizar a lagarta do parasitoide em seu interior passando para o estágio de pupa (Figura 29).

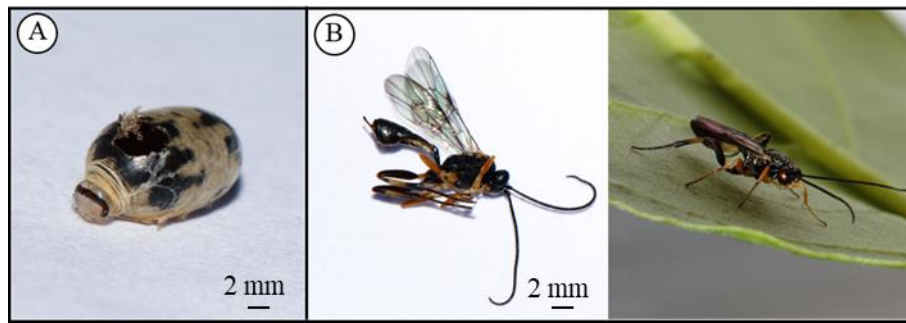


Figura 27. (A) Casulo e (B) parasitoides de lagarta *Diadegma* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae: Campopleginae) de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

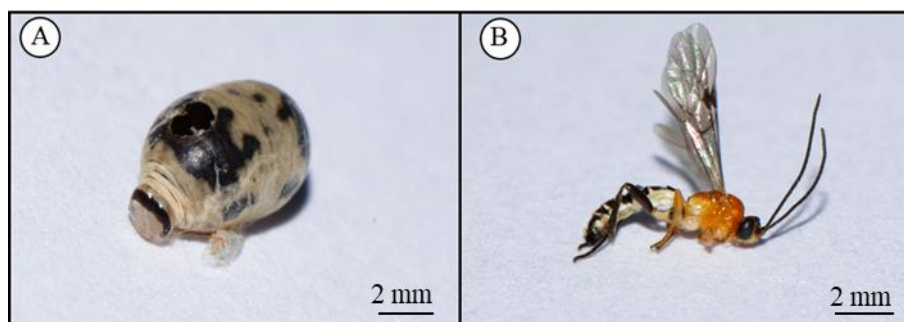


Figura 28. (A) Casulo e (B) parasitoide de lagarta *Mesochorus* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae: Mesochorinae) de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).



Figura 29. Processo de pupação do parasitoide de lagarta de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

Observou-se apenas uma espécie de parasitoide de pré-pupa da família Tachinidae (Diptera). Esses parasitoides colocaram seus ovos na fase larval do hospedeiro, porém continuaram sua alimentação até o estágio de pupa do hospedeiro. Após três dias, a pupa parasitada perde sua coloração verde e fica amarelada (Figura 30). A lagarta do parasitoide rompe a cutícula da pupa e passa pelo processo de pupação fora dela (Figura 31). Apenas um parasitoide emergiu por pupa de hospedeiro.



Figura 30. Pupas parasitadas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

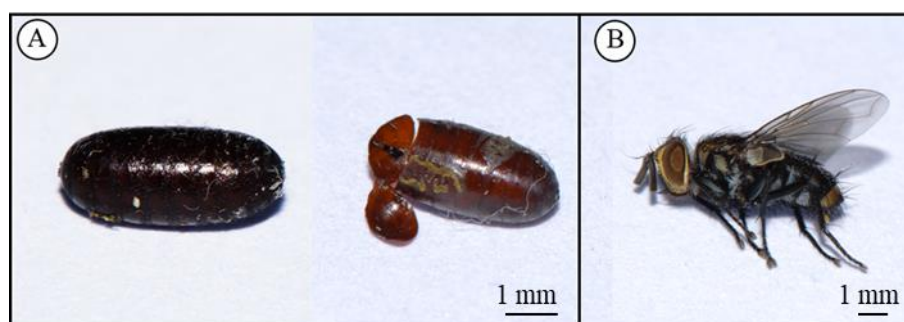


Figura 31. (A) Casulos e (B) parasitoide de pré-pupa da família Tachinidae (Diptera) de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini).

## DISCUSSÃO

### *Biologia de Pseudoscada erruca*

Sobre a morfologia do ovo, padrão de coloração larval e de formação da pupa, as observações confirmaram que *Pseudoscada erruca* apresentam as características típicas para o desenvolvimento de imaturos previstas para a subtribo Godyridina, a qual ela pertence. De acordo com a literatura, borboletas da subtribo Godyridina possuem como características sinapomórficas: lagartas de hábito solitário, com pouco pigmento na cutícula e na cápsula e que se alimentam de plantas da tribo Cestreae (Solanaceae), além de terem pupas verdes curvadas, traços considerados derivados para a tribo Ithomiini (Brown & Freitas 1994; Willmott & Freitas 2006). No caso de *P. erruca*, as lagartas apresentaram uma leve mudança na coloração em cada estágio. No primeiro e segundo instar as lagartas tinham coloração predominantemente verde, já no terceiro e quarto instar surge uma faixa dorso-lateral amarelada que permaneceram até o quinto instar, na qual aparece de forma conspícua com manchas laranjas escuras.

Tanto o comportamento de se alimentar do córion do ovo, observado para *P. erruca*, após a eclosão, como o comportamento de descanso das larvas em forma de “J” é frequente em espécies de Ithomiini não gregários (Brown & D 'Almeida 1970; Young 1974, 1978; Brown & Freitas 1994, 1996). Acredita-se que sejam comportamentos ancestrais para essa linhagem e que são evitados em espécies gregárias, nas quais à proximidade entre ovos irmãos poderia levar a atos de canibalismo acidental (Freitas 1993; Carvalho 2019). Assim como o comportamento anterior, sugere-se que a ausência do comportamento de descanso em forma de “J” pode estar relacionada a inconveniência da proximidade das lagartas ao se alimentar ou ao repousar, o que poderia levar a comportamentos agressivos entre elas (Freitas 1993). Lagartas no quinto instar larval também apresentaram comportamento de cortar o pecíolo das folhas, esse comportamento

pode ser uma característica fixada neste grupo, pois lagartas que se alimentam de plantas da família Apocynaceae expressam esse comportamento com o objetivo de drenar o látex presente nas folhas antes de se alimentarem (Dussourd & Denno 1991; Lewinsohn & Vasconcellos-Neto 2000).

Na região de estudo *P. erruca* forma um anel mimético com os Ithomiini *Heterosais edessa* (Hewitson, 1855) e *Hypoleria adasa* (Hewitson, 1855). Em clados de Ithomiini em simpatria se têm observado que as diferentes espécies que formam o anel mimético (Beccaloni 1997; Willmott & Mallet 2004; Jiggins *et al.* 2001), apresentam padrões morfológicos similares tanto nos estádios imaturos como no estágio adulto, e utilizam plantas hospedeiras quimicamente similares (Brown 1987; Vasconcellos-Neto 1991; Feeny 1992; Jiggins *et al.* 2001). Neste trabalho observamos que tanto o padrão morfológico dos estágios imaturos de *P. erruca* como o uso de plantas hospedeiras são semelhantes ao observado para *Heterosais edessa* e *Hypoleria adaso* (observações pessoais). Contudo, a principal característica que difere as lagartas de *P. erruca* das demais é a coloração escura da cápsula cefálica no primeiro instar e o aparecimento do arco escuro na cápsula cefálica nos demais instares, diferente das espécies *Heterosais edessa* e *Hypoleria adaso* que as cápsulas permanecem transparentes em todos os instares.

No primeiro e segundo instares as lagartas de *P. erruca*, *H. edessa* e *H. adaso* são bem semelhantes, diferenciando-se entre si apenas pela coloração da cápsula (Freitas 1996; Observações pessoais). Lagartas de *P. erruca* do primeiro ao quarto instar apresentam padrão de coloração e comportamento crípticos, como observado também em *H. edessa* e *H. adaso* durante toda fase larval (Freitas 1996; Observações pessoais). No entanto, as lagartas de *P. erruca* apresentam um padrão diferenciado no quinto instar, com uma coloração mais vistosa (presença da linha dorso-lateral amarela e coloração

verde claro no dorso evidente), e apresentam movimentos mais ativos quando perturbadas (realizam movimentos bruscos de um lado para o outro e podem rolar pela planta) em comparação as lagartas de *H. edessa* e *H. adaso* que permanecem imóveis. Interessante notar que a coloração mais vistosa de *P. erruca* também foi relatada em lagartas do quinto instar de *Hymenitis nero*, espécie conhecida hoje como *Greta nero*, que também pertence à subtribo Godyridina, cuja distribuição é predominante na América Central (Young 1972). Essa característica pode estar relacionada ao grau de parentesco entre esses gêneros (Brower *et al.* 2006).

Em relação ao comprimento, lagartas de *H. edessa* são maiores que *P. erruca*, com comprimento máximo no quinto instar de 26 mm e 23 mm respectivamente. Essa diferença também é evidenciada quando se compara o tamanho da cápsula cefálica em cada instar (Freitas 1996).

#### *Padrão de oviposição de Pseudoscada erruca em Sessea brasiliensis*

No laboratório, enquanto ajustava-se as condições de criação dos ovos e lagartas para os testes de desempenho, verificou-se que o desenvolvimento do ovo é sensível as condições de umidade e temperatura. Em condições de alta umidade (> 90% UR) e alta temperatura (> 28°C), os ovos geralmente são infectados por fungos. Já em condições de baixa umidade (< 30% UR) e baixa temperatura (< 15°C), os ovos tendem a sofrer tanto uma rápida desidratação como também a deterem seu desenvolvimento. De acordo a literatura, borboletas Ithomiini preferem ovipor em ambientes úmidos e sombreados, porém, podem ajustar esta preferência em função da disponibilidade de plantas hospedeiras presentes nesses locais (Vasconcellos-Neto 1991).

No caso de *P. erruca*, observamos que a frequência de oviposição é maior em áreas de sombreamento intermediário e a uma altura que varia de 1,0 a 1,50 m, embora



exista uma maior disponibilidade de plantas com alturas abaixo de 1,0 m. Portanto, inferimos que este micro-habitat de condições de sombreamento e altura, reflete as condições favoráveis de umidade e temperatura que permitem o desenvolvimento dos ovos e lagartas. É interessante notar também que as espécies *Heterosais edessa* e *Hypoleria adasa* com as quais *P. erruca* forma o anel mimético, apresentaram semelhantes preferências de sombreamento e altura para a oviposição (Observações pessoais). Assim sugerimos que a relação *Sombreamento x Altura* seja empregada como uma variável preditora de micro-habitat em futuras pesquisas.

#### *Desempenho nas diferentes plantas hospedeiras*

Neste capítulo verificou-se que lagartas de *Pseudoscada erruca* que se alimentaram das plantas hospedeiras apresentaram melhor desempenho, principalmente em *Sessea brasiliensis*, seguido de *Cestrum intermedium* e *C. axillare*. E como o esperado, apresentaram pior desempenho em *C. schlechtendalii*, planta não-hospedeira. Lagartas que se alimentaram de *S. brasiliensis* apresentaram melhores valores para quase todos os parâmetros utilizados para avaliar o desempenho larval: menor tempo de desenvolvimento, menor consumo foliar, maior massa e maior comprimento alar.

De acordo com a hipótese “lento crescimento/alta mortalidade” um prolongado estágio larval em insetos herbívoros aumenta a chance de mortalidade por inimigos naturais (Clancy & Price 1987). Os resultados obtidos corroboraram com essa hipótese, pois na natureza não foram encontradas lagartas de *P. erruca* se alimentando em *C. schlechtendalii*. A ausência de *P. erruca* em *C. schlechtendalii* pode estar relacionado à essa estratégia de fuga, já que nesta planta as lagartas apresentaram um maior tempo de desenvolvimento e uma menor massa corpórea, o que poderia resultar numa alta mortalidade por predadores e parasitoides devido ao maior tempo de exposição.

No entanto, a similaridade dos parâmetros entre *S. brasiliensis* comparada com *C. intermedium* e *C. axillare* confirma o que encontramos na natureza. Essas plantas são usadas por *P. erruca* como hospedeiras alternativas. Essa hipótese pode ser confirmada em futuros experimentos para verificar se ocorre menores taxas de predação ao observado em *S. brasiliensis*, como sugere a hipótese do “espaço livre de inimigos” (Jeffries & Lawton 1984; Stamp 2001).

Em relação ao consumo foliar, lagartas comeram, em todos os instares, uma maior quantidade de folhas de *C. schlechtendalii* do que das plantas hospedeiras. Como comentado anteriormente, esta planta não é escolhida como hospedeira no ambiente natural como *S. brasiliensis*, *C. intermedium* e *C. axillare*. Portanto, sugerimos que *C. schlechtendalii* deva possuir uma qualidade nutricional inferior e uma composição química diferenciada, pois não apresenta o odor característico dos compostos químicos (alcaloides) nas folhas, geralmente presentes na família Solanaceae, além de apresentarem maior dureza foliar (folhas coriáceas) em relação aos à *Sessea* e ao outros *Cestrum* (folhas cartáceas).

Um fato interessante é a variação no tamanho da cápsula cefálica quando as larvas se alimentam em diferentes espécies de plantas. A análise dos dados mostraram que ao comparar as cápsulas cefálicas das lagartas que se alimentaram da planta que lhes conferem um melhor desempenho (*S. brasiliensis*) com as de pior desempenho (*C. schlechtendalii*), se observa uma relação inversa entre o tamanho da cápsula cefálica e a massa corporal das lagartas. Lagartas que comeram *C. schlechtendalii*, se alimentaram por um maior tempo, porém tiveram uma massa corporal menor e uma cápsula cefálica de maior tamanho quando comparada às lagartas que se alimentaram em *S. brasiliensis*, padrão observado em todos os instares.

Diversos trabalhos têm demonstrado a relação do tamanho da cápsula cefálica com o maior tempo de desenvolvimento (Bentancourt *et al.* 2004), as condições climáticas (Guppy 1969; Maltais 1980; Francisco & Prado 2001), a nutrição foliar (Parra *et al.* 1977; Scriber & Slansky Jr. 1981) e o endoparasitismo (McGugan 1954; Muldrew 1967; Nealis 1987), porém nenhum deles discute os mecanismos que levam a essa alteração morfológica. Em relação aos dados observados, descartamos a hipótese da influência do endoparasitismo e das condições climáticas, pois todas as lagartas foram criadas isoladas e nas mesmas condições de temperatura e umidade. Como os fatores que regulam as mudanças de instar nas lagartas dos Lepidoptera ainda são desconhecidos, baseando-se nos dados observados, sugere-se que o crescimento do exoesqueleto possivelmente não dependa do ganho de massa em determinado instar e sim das características foliares (nutrição e dureza) e do tempo que a lagarta permanece naquele instar, podendo também ocorrer um maior crescimento do exoesqueleto devido à plasticidade fenotípica de cada indivíduo.

#### *Fauna de parasitoides*

Neste trabalho também foi observado apenas dois grupos de parasitoides de ovos, assim como foi reportado por Monteiro (1981). O gênero *Trichogramma* possui aproximadamente 0,40 mm de comprimento e deposita, no geral, mais de um ovo por cada ovo do hospedeiro, e os adultos demoram entre 10 a 13 dias para emergirem. (Monteiro 1981; Beserra & Parra 2004). Em ovos de *Pseudoscada erruca* emergiram em média 4,7 parasitoides/ovo, semelhante ao observado para outra borboleta hospedeira, *Mechanitis lysimnia* ( $\bar{X} = 4,8$ ). Já os parasitoides do gênero *Telenomus* são maiores, com aproximadamente 1 mm de comprimento e colocam apenas um ovo por ovo do hospedeiro e emergem entre 13 a 15 dias (Monteiro 1981). Parasitoides destes dois

gêneros constituem um importante grupo de inimigos naturais com potencial para o controle biológico de pragas de Lepidoptera em culturas de importância econômica, sendo responsáveis por até 98% do parasitismo destas culturas, como também para a regulação populacional de espécies florestais (Strand & Vinson 1982; Navarro 1993; Polaszek & Foerster 1997; Beserra & Parra 2004; Figueiredo *et al.* 2010)

Apesar da grande diversidade e distribuição das borboletas Ithomiini, apenas o trabalho de Monteiro (1981) reportou as espécies de parasitoides associadas às lagartas deste grupo. O presente trabalho contribuiu com um novo gênero de parasitoide da fase larval, o gênero *Diadegma*. Parasitoides deste gênero pertencem à subfamília Campopleginae e são endoparasitoides cenobiontes de estágios imaturos, tanto de lagartas de Lepidoptera, como também de Coleoptera, especialmente da família Curculionidae e Cerambycidae (Hanson & Gauld 2006). Segundo Sobczak e colaboradores (2012), parasitoides deste grupo são abundantes o ano todo na Serra do Japi, com um aumento nos meses de maior umidade. *Diadegma* sp. parece ter um comportamento generalista entre as espécies de Ithomiini, pois foram observadas parasitando quatro espécies diferentes em diferentes plantas hospedeiras: *Pseudoscada erruca*, *Heterosais edessa*, *Hypoleria adaso* e *Ithomia lichyi* (D'Almeida, 1939) (Observações pessoais). Já o segundo gênero encontrado, *Mesochorus* sp., também reportado por Monteiro (1981) trata-se de um hiperparasitoide pertencente à subfamília Mesochorinae. Todas as espécies desta subfamília são endoparasitoides cenobiontes de várias espécies de larvas de Hymenoptera das famílias Braconidae e Ichneumonidae (Wahl 1993). Os hiperparasitoides depositam seus ovos no interior das lagartas, se esta estiver parasitada a larva do hiperparasitoide penetram nas larvas de seu hospedeiro, caso contrário, sua larva morre dentro da lagarta da borboleta (Monteiro 1981). Em relação à espécie encontrada não foi possível registrar seu hospedeiro. Segundo Sobczak e colaboradores (2012)

hiperparasitoides desta subfamília são poucos representativos nas amostras feitas na Serra do Japi e ocorrem, também, com maior abundância durante o período chuvoso.

Devido à grande diversidade do grupo dos parasitoides da ordem Hymenoptera, houve grande dificuldade em identificar os organismos coletados até o nível de espécie.

## CONCLUSÃO

As fases imaturas de *Pseudoscada erruca* apresentaram características semelhantes às espécies de sua subtribo Godyridina, se diferenciando de outras espécies apenas pela coloração da cápsula cefálica e na coloração mais evidente do quinto instar larval. As fêmeas mostraram ter preferência por um microambiente ao escolher locais mais sombreados e plantas de uma determinada altura para colocar seus ovos. Em relação aos parasitoides, o trabalho contribuiu para o conhecimento das relações parasitoide-hospedeiro para a tribo Ithomiini, descrevendo uma nova associação com o parasitoide da fase larval *Diadegma* sp. (Ichneumonidae: Campopleginae).

## **Capítulo II**

Dinâmica populacional de *Pseudoscada erruca* e seus parasitoides

## RESUMO

Diversas teorias procuram explicar os mecanismos que controlam a dinâmica populacional dos insetos herbívoros. Atualmente acredita-se que seja o equilíbrio de diversos fatores como a qualidade e quantidade da planta hospedeira, os inimigos naturais, e as condições climáticas, os responsáveis por este fenômeno.

Portanto, para identificar e entender os fatores que influenciam as flutuações populacionais e sobrevivência dos imaturos de *P. erruca* e de seus predadores, estudou-se a dinâmica dos imaturos em função das variáveis temporais como o clima (temperatura e precipitação) e de variáveis bióticas, como a fenologia da planta hospedeira e ação dos inimigos naturais (parasitoides).

Observou-se uma leve sazonalidade na dinâmica populacional dos imaturos de *P. erruca*, junto a um concomitante marcado recrutamento de folhas novas em *Sessea brasiliensis*. Embora os parasitoides não tenham apresentado uma sincronicidade com os fatores ambientais, observou-se que eles são os responsáveis pela regulação populacional de *P. erruca*, principalmente na fase de ovo e no primeiro estágio larval.

A dinâmica dos imaturos de *P. erruca* em *S. brasiliensis* é regulada primeiramente pelos parasitoides e predadores, seguido pelas variações microclimáticas e finalmente, pela disponibilidade de folhas das plantas hospedeiras.



## ABSTRACT

Several theories try to explain the mechanisms that control the population dynamics of herbivorous insects. Nowadays it is believed that the balance of several factors, such as the quality and quantity of the host plant, the natural enemies, and the climatic conditions, is responsible for this phenomenon.

Therefore, in order to identify and understand the factors influencing the population fluctuations and survival of the immature of *P. erruca* and its predators, we studied the immature's dynamics in function of temporal variables – climate – and of biotic variables – the phenology of host plant and natural enemy action.

A mild seasonality was observed in the population dynamics of the *P. erruca* immature parallel to an expressive recruitment of new leaves in *Sessea brasiliensis*. Although the parasitoids did not present a synchronicity with the environmental factors, they were responsible for the population regulation of *P. erruca*, mainly in the egg phase and in the first larval stage. The parasitoids did not present a synchronicity with the environmental factors, however they were responsible for the regulation of *P. erruca*'s population, mainly in the egg phase and in the first larval stage.

We suggested that the immature dynamics of *P. erruca* in *S. brasiliensis* are first regulated by parasitoids and predators, followed by microclimatic variations and finally, by the availability of leaves of host plants.

## INTRODUÇÃO

Na procura de dilucidar os mecanismos que controlam o tamanho das populações dos organismos, o estudo da dinâmica populacional tem sido de grande preocupação e relevância na história da Ecologia (Ehrlich & Gilbert 1973; Wolda 1979, 1993; Vasconcellos-Neto, 1980, 1991; Monteiro 1981; DeVries *et al.* 1997, 1999; DeVries & Walla 2001).

No início do século XX, longos debates ocorreram sobre a dinâmica populacional dos organismos, utilizando as espécies de nível trófico médio, como os herbívoros, como modelo de estudo. Uvarov (1931) e Andrewartha & Birch (1954) argumentavam que o tamanho das populações seria controlado por fatores abióticos, como temperatura, umidade, condições químicas do solo, entre outros. No entanto, Nicholson (1933) e Nicholson & Bailey (1935) defendiam que as interações entre espécies teriam o domínio sobre a regulação populacional, ou seja, que os tipos de interações positivas e negativas que ocorrem no sistema planta - herbívoro - inimigo natural seriam as responsáveis pela regulação populacional, no caso de insetos. Hairston & colaboradores (1960) argumentaram que, como os herbívoros raramente consomem todos os recursos disponíveis, suas populações devem ser limitadas pelos inimigos naturais, e não pela abundância de recursos ou por interações como a competição. Essa regulação feita de cima para baixo, considerando uma rede trófica linear, é denominada efeito *top-down* (Menge & Sutherland 1976; Turchin *et al.* 2003). Já alguns autores demonstraram que as populações de insetos herbívoros respondiam a um modelo clássico de dependência de densidade, sendo limitadas pela abundância de recursos consumíveis, denominado a este tipo de regulação *bottom-up* (Hartvigsen *et al.* 1995; Roininen *et al.* 1996; Stiling & Rossi 1997).

Como ambas teorias ganhavam suporte em diferentes pesquisas, uma visão mais equilibrada tem sugerido que ambos, qualidade ou quantidade da planta hospedeira e inimigos naturais, influenciam as populações de herbívoros de forma independente ou simultaneamente, dependendo de diversas condições ambientais e das próprias interações entre os protagonistas das redes tróficas (Price 2003; Borer *et al.* 2005, Shurin *et al.* 2006; Kozlov *et al.* 2010; Mooney *et al.* 2010; Kaplan *et al.* 2016).

Estudos têm, cada vez mais, demonstrado que a compreensão do papel do terceiro nível trófico é essencial para o entendimento das interações entre insetos e plantas, assim como das comunidades (Hunter & Price 1992; Thompson 1997, 1998; Dyer & Letourneau 1999; Singer *et al.* 2014). Um corpo considerável de trabalhos teóricos e empíricos mostraram que entre os inimigos naturais - os parasitoides - podem limitar e regular a riqueza de espécies (Jeffries & Lawton 1984; Lawton 1986; Holt & Lawton 1993). Na atualidade é inegável que os parasitoides sejam os responsáveis por grande parte da regulação dos níveis populacionais dos insetos (Nardi *et al.* 2006). A atividade controladora desempenhada pelos parasitoides nos ecossistemas é tão importante que sem ela ocorreria um alto consumo de espécies vegetais pelos herbívoros (Singer *et al.* 2014). Assim os parasitoides além de direcionar o particionamento do nicho dentro de comunidades locais, desempenham um papel importante na estruturação de comunidades de insetos herbívoros, sendo essenciais para a sustentação de equilíbrio ecológico, e contribuindo para a diversidade de outros organismos (Scatolini & Penteado-Dias 2003).

Estudos realizados nas regiões tropicais têm demonstrado que ocorrem tanto fenômenos de *botom-up* como *top-down* na regulação das comunidades de insetos fitófagos (Franco 2013). Franco (2013) analisou a interação entre a leguminosa *Desmodium uncinatum* (Jacq.) DC. (Fabaceae), a borboleta *Urbanus esta* (Evans, 1952) (Lepidoptera: Hesperiiidae) e seus parasitoides de ovos *Trichogramma* sp.

(Trichogrammatidae) e de lagartas *Xanthocampoplex* sp. (Ichneumonidae) e *Chrysotachina* sp. (Tachinidae). A autora constatou que a dinâmica dos herbívoros e parasitoides estão regulados pela fenologia de *D. uncinatum*, ou seja, regulação de baixo para cima (*bottom-up*). A hospedeira de *U. esta* apresenta uma sazonalidade bem definida ao longo do ano, com um pico reprodutivo no início do período seco e, logo após, ela seca, ficando indisponível para o herbívoro, assim regulando a população deste e de seus parasitoides.

Para borboletas Ithomiini, e em geral, são frequentes os trabalhos de dinâmica populacional de adultos (Young 1979; Vasconcellos-Neto 1980; Freitas 1993, 1996; Ruzsczyk *et al.* 1999). Vasconcellos-Neto (1980) mostrou que a dinâmica populacional de Ithomiini que co-ocorrem numa mesma região pode ser tanto única para cada espécie, como similar para certos grupos que formam anéis miméticos. Em um fragmento de floresta de Mata Atlântica, próximo a cidade de Sumaré (SP), as populações das borboletas miméticas *Mechanitis polymnia* (Linnaeus, 1758), *M. lysimnia* (Fabricius, 1793) e *Hypothyris ninonia* (Hübner, 1806) apresentaram uma dinâmica populacional similar. As três espécies atingiram maiores níveis populacionais durante o outono, agrupando-se em bolsões durante o inverno seco e dispersando-se após o início das chuvas, período em que se registrou baixos níveis populacionais. Acredita-se, neste caso, que este padrão seja uma resposta direta a variação climática (Brown & Benson 1974, Brow & Vasconcellos-Neto 1976, Vasconcellos-Neto 1980, 1991).

Na mesma região de estudo, Freitas e colaboradores (2001) observam que a dinâmica de Ithomiini também pode ser condicionada pela fenologia da planta hospedeira ao longo do ano. Estes autores, encontraram um padrão contrário na borboleta *Aeria olena* (Weymer, 1875), quando comparada a *Mechanitis polymnia*, *M. lysimnia* e *Hypothyris ninonia*. Nesta espécie os níveis populacionais diminuíram na estação seca, ao mesmo

tempo em os outros Ithomiini atingem seus números máximos nos bolsões. Os autores relacionam essa discrepância com a disponibilidade de plantas hospedeiras. Ao contrário das hospedeiras das três espécies miméticas, *Prestonia coalita* (Vell.) Woodson (Apocynaceae), hospedeira de *A. olena*, apresenta uma baixa disponibilidade de folhas durante a estação seca, reduzindo a taxa de recrutamento de novos adultos. Somente na estação chuvosa, período em que a planta hospedeira apresenta uma alta disponibilidade de folhas novas e maduras novamente, a população desta borboleta consegue atingir seu tamanho máximo.

Tendo em vista a importância de se entender os fatores que influenciam as flutuações populacionais dos insetos herbívoros e de seus inimigos naturais, o objetivo deste capítulo foi estudar a dinâmica e a sobrevivência dos imaturos de *Pseudoscada erruca* em função das variáveis abióticas – temperatura e precipitação – e das variáveis bióticas - fenologia da planta hospedeira e ação dos inimigos naturais - buscando entender quais são os fatores que estão envolvidos na regulação da população de *P. erruca* e como eles interagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de estudo*

O estudo foi realizado em duas trilhas na Serra do Japi, Jundiaí-SP. Uma trilha localizada entre o Clube Monte Horebe e a Porteira 6 da Estação Ecológica e outra trilha que segue da porteira 6 até o início da trilha conhecida como Biquinha (Figura 1). Ambas trilhas são utilizadas com frequência como vias de acesso para a Base Ecológica, atividades de ecoturismo e por moradores locais.



Figura 1. Mapa das trilhas utilizadas na investigação da dinâmica populacional dos imaturos de borboleta *P. erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2019, na Serra do Japi, Jundiaí-SP. As trilhas utilizadas foram destacadas por cores: (A) verde (Clube Monte Horebe - Porteira 6) e (B) vermelha (Porteira 6 – Biquinha). Imagem modificada de [www.serradojapi.jundiai.sp.gov.br](http://www.serradojapi.jundiai.sp.gov.br).

Os dados climáticos do período de estudo, como precipitação e temperatura, foram obtidos pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) da Estação Experimental de Jundiaí (Jundiaí ETEC) que está localizada à 710 m de altitude e à 8 Km de distância da área de estudo (Figura 2). Seguindo Rodrigues (1986), os dados de temperatura foram ajustados para a área de estudo. Como a média das altitudes das trilhas estudadas foi de 1000 m, foram subtraídos 1,8° C dos dados originais. Para os dados de precipitação não foi necessária a mesma correção, já que na Serra do Japi as chuvas não variam entre locais de diferentes altitudes (Pinto 1992).

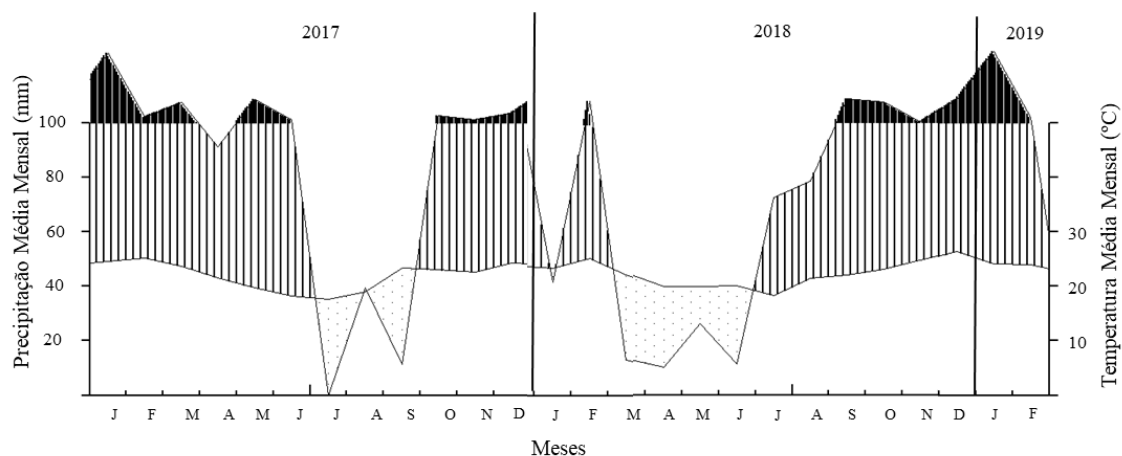


Figura 2. Diagrama climático da Serra do Japi, Jundiaí – SP, segundo Walter & Lieth (1967), baseado em dados meteorológicos coletados na página do CIIAGRO, entre os anos de 2018 e 2019. Áreas com linhas verticais indicam períodos úmidos, áreas escuras indicam períodos superúmidos e áreas pontilhadas indicam períodos secos. Diagrama climático feito com o software ECD versão 2.0.

#### *Fenologia temporal de *Sessea brasiliensis**

Para acessar a variação fenológica temporal dos indivíduos de *Sessea brasiliensis* contou-se o número de folhas novas, maduras e senescentes dessas plantas e mediu-se a altura de 50 indivíduos jovens (0,50 m a 2,00 m de altura). Considerou-se como folhas novas os últimos três pares de folhas emergentes que apresentaram coloração mais clara e consistência mais macia; como folhas maduras considerou-se as folhas totalmente expandidas de coloração mais escura e consistência cartácea, e como folhas senescentes considerou-se as folhas amareladas. Os dados foram coletados duas vezes ao mês (vistorias quinzenais) durante 26 meses, entre janeiro de 2017 a fevereiro de 2019. Apesar de *S. brasiliensis* ser uma espécie arbórea, podendo atingir até os 20 m de altura, os dados fenológicos foram restritos às plantas jovens onde os imaturos de *Pseudoscada erruca* normalmente são mais abundantes (Figura 3).



Figura 3. *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) no estágio juvenil.

#### *Dinâmica Populacional de Pseudoscada erruca e parasitoides*

Para estudar a dinâmica populacional dos imaturos de *Pseudoscada erruca* e seus parasitoides contou-se o número de ovos e de lagartas de *P. erruca* nos diferentes instares (1° ao 5° instar), além do número de ovos parasitados identificados por apresentarem coloração escura, ovos predados identificados por estarem murchos e de coloração bege a marrom claro e lagartas parasitadas identificadas pela permanência do casulo dos parasitoides fixado à folha. Apenas foram contabilizados ovos parasitados e predados que permaneceram fixos às folhas, e apenas lagartas parasitadas no estágio final, quando o parasitoide já se encontrava na fase de pupa. O desaparecimento de ovos e lagartas que ocorreram por interferências de algum predador ou por fatores climáticos como precipitação e vento foram desconsiderados. As vistorias foram feitas nas mesmas 50 plantas avaliadas no tópico anterior.



### *Mortalidade dos imaturos de *Pseudoscada erruca**

Para construir a tabela de vida e obter as taxas de mortalidade dos imaturos de *P. erruca* contaram-se os indivíduos encontrados em diferentes estágios do ciclo de vida em sua planta hospedeira *S. brasiliensis* a partir dos dados obtidos para a análise da dinâmica populacional. Borboletas *P. erruca* possuem ciclo de vida dividido em quatro estágios: ovo, lagarta, pupa e adulto, com o estágio larval subdividido em cinco estádios (1º, 2º, 3º, 4º e 5º instar). Como as pupas são raras de serem encontradas na natureza e os adultos apresentarem comportamento de fuga quando capturados, construímos a tabela de vida considerando indivíduos no estágio de ovo até lagartas no estágio de 5º instar.

As taxas de parasitismo e de predação foram calculadas mensalmente a partir da média de duas observações por mês, utilizando-se também os mesmos dados da análise da dinâmica populacional. As taxas foram calculadas pela relação entre a quantidade de ovos e lagartas parasitados ou predados e a quantidade total de ovos e lagartas encontrados em cada mês. A partir dos valores mensais de cada taxa, foi calculada a média dessas taxas para cada ano da análise.

### *Análises de sincronia: Time-lag*

Para verificar se a fenologia da planta, o número de herbívoros e seus parasitoides ocorreram ou não de forma sincronizada, primeiramente foi avaliada a normalidade dos dados utilizando o teste de Shapiro-Wilk. As variáveis foram submetidas a análises de correlação de Pearson considerando um nível de significância de 0,05, e utilizando defasagem temporal “time-lag” de até três meses de atraso (Sokal & Rohlf 1994; Zar 2007; Romero & Vasconcellos-Neto 2003). Com exceção da variável “lagartas parasitadas” que foi o único componente que, segundo o teste de normalidade, apresentou

distribuição normal, portanto foram submetidos ao teste de correlação de Spearman. (Anexo III).

Para verificar se havia ou não sazonalidade das variáveis utilizou-se estatísticas circulares (Morellato *et al.* 2010). Nestas análises qualquer data de observação (neste caso, mês) pode ser convertida em um ângulo, e a frequência de observações naquele ângulo ou data pode ser plotada em um gráfico circular. Como as observações foram mensais, esses dados circulares dividem a faixa de 360° em 12 grupos, correspondendo aos meses do ano, sendo janeiro o primeiro e dezembro o último.

Posteriormente, para avaliar se distribuição populacional não foi aleatória, utilizou-se o teste de uniformidade de Rayleigh, após confirmação da normalidade dos dados circulares utilizando o teste de Shapiro-Wilk e teste de Kuiper's no caso dos dados que não possuíam distribuição normal. Nestes testes a hipótese nula afirma que as amostras são distribuídas uniformemente ao redor do círculo e a hipótese alternativa que as amostras não possuem distribuição circular uniforme. Se a hipótese nula for rejeitada ( $p < 0,05$ ), conclui-se que há uma direção (data) significativa, caso contrário conclui-se que a distribuição é uniforme. Também é importante observar o comprimento do vetor médio. Este vetor indica uma possível concentração de dados registrados em torno de uma direção. O valor do vetor varia entre 0 e 1 (Morellato *et al.* 2010; Villanueva-Bonilla & Vasconcellos-Neto 2016).

## RESULTADOS

### *Fenologia de Sessea brasiliensis (Solanaceae)*

Plantas de *Sessea brasiliensis*, no estágio juvenil, apresentaram folhas novas, maduras e senescentes durante o ano todo (Figura 4). Porém, durante o período de estudo, foi registrado variações na quantidade de cada categoria, com picos poucos definidos

(Testes Rayleigh em Anexo 5). As folhas novas apresentaram pico no mês de janeiro, as folhas maduras entre os meses de janeiro e fevereiro e as folhas senescentes entre os meses de novembro e janeiro (Figura 5; Tabela 2).

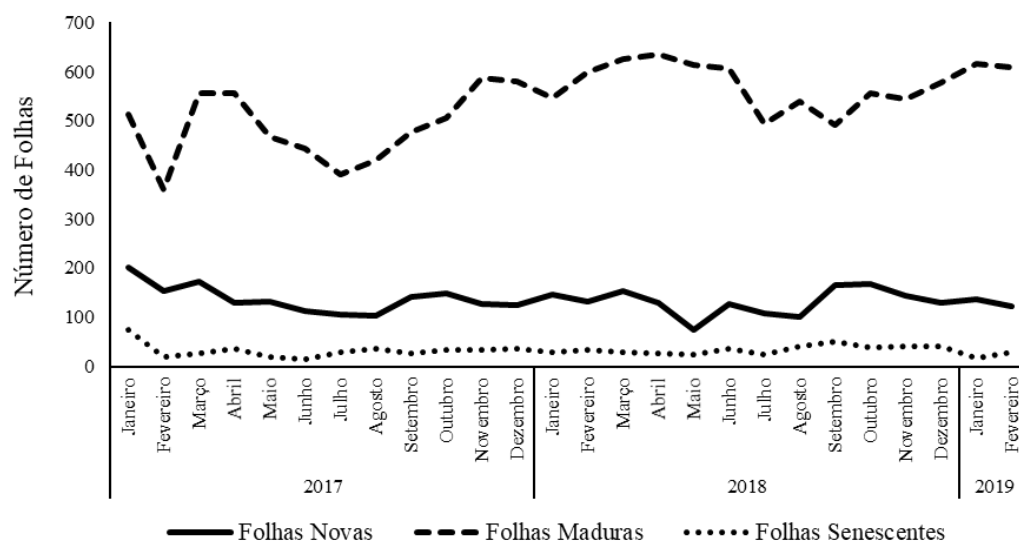


Figura 4. Fenologia de *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) – folhas novas, maduras e senescentes – entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2019 na Serra do Japi, Jundiaí – SP.

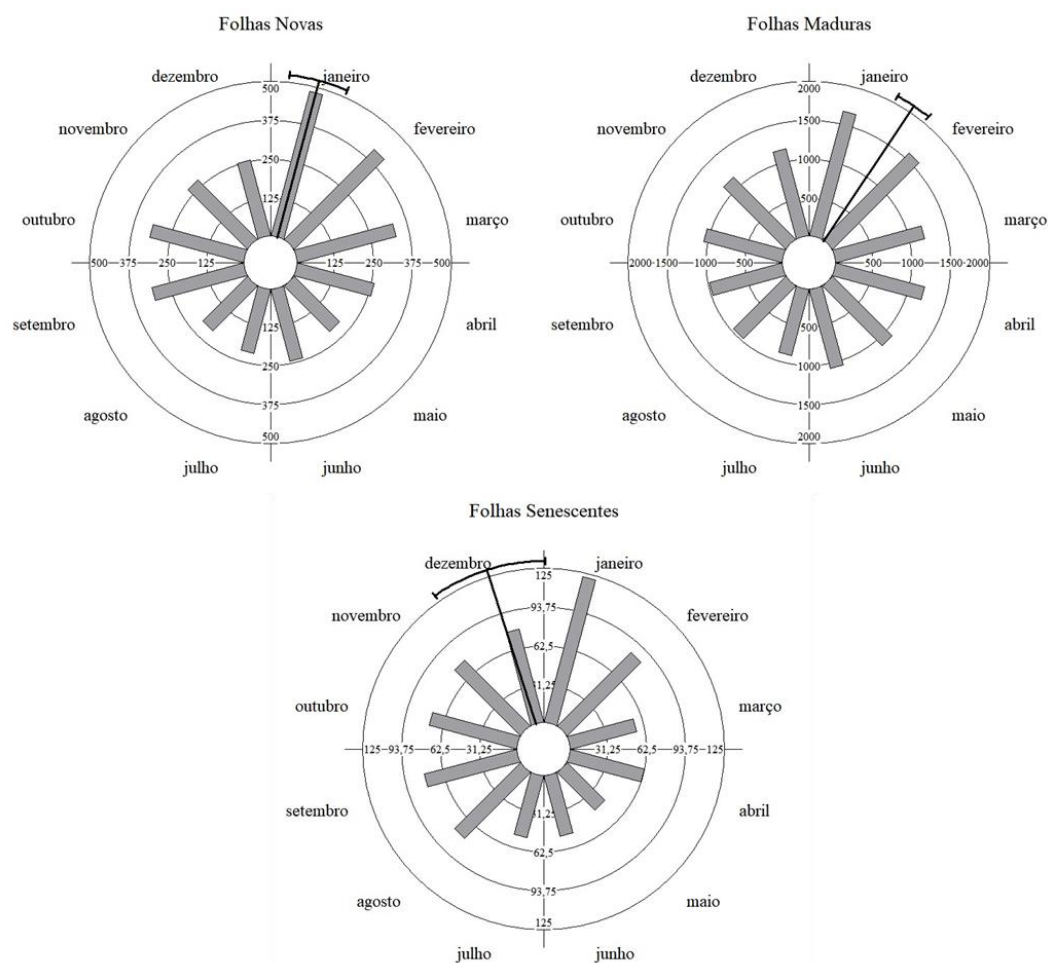


Figura 5. Histogramas circulares da fenologia de *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) – folhas novas, maduras e senescentes – entre janeiro de 2017 e fevereiro 2019 na Serra do Japi, Jundiá – SP. O vetor (linha preta) no interior do círculo indica a média angular ou a direção dos dados. A linha transversa (preta) no setor externo ao círculo indica o intervalo de confiança de 95%.

Tabela 2. Estatística circular aplicada à fenologia de *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2018 na Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	Folhas Novas	Folhas Maduras	Folhas Senescentes
Número de Observações	3491	13906	847
Vetor Médio ( $\mu$ )	14.833°	33.643°	342.473°
Mês	janeiro	fevereiro	dezembro
Comprimento do Vetor Médio ( $r$ )	0.146	0.119	0.152
Intervalo de Confiança 95% (+/-) para $\mu$	-	-	-
Teste de Rayleigh ( $Z$ )	74.417	192.285	19.471
Teste de Rayleigh ( $p$ )	<b><math>&lt; 1 e^{-12}</math></b>	<b><math>&lt; 1 e^{-12}</math></b>	<b><math>3.5 e^{-9}</math></b>

### *Dinâmica Populacional de Pseudoscada erruca*

Ovos de *Pseudoscada erruca* estiveram presentes durante o ano todo. Apesar da maior abundância ser registrada no mês de maio nos dois anos de estudo (58 e 83 ovos respectivamente), a abundância dos ovos apresentou um pico definido entre os meses de março e abril (Figura 6; Tabela 3). Os ovos parasitados apresentaram pico definido entre os meses de abril e junho, porém os ovos predados, devido à alta dispersão dos dados, não apresentaram um pico de abundância (Figura 7, 8; Tabela 3).

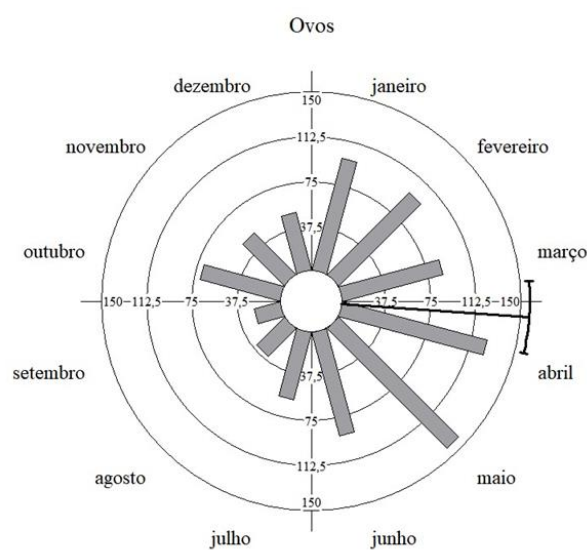


Figura 6. Histograma circular dos ovos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro 2019 na Serra do Japi, Jundiaí – SP. O vetor (linha preta) no interior do círculo indica a média angular ou a direção dos dados. A linha transversa (preta) no setor externo ao círculo indica o intervalo de confiança de 95%.

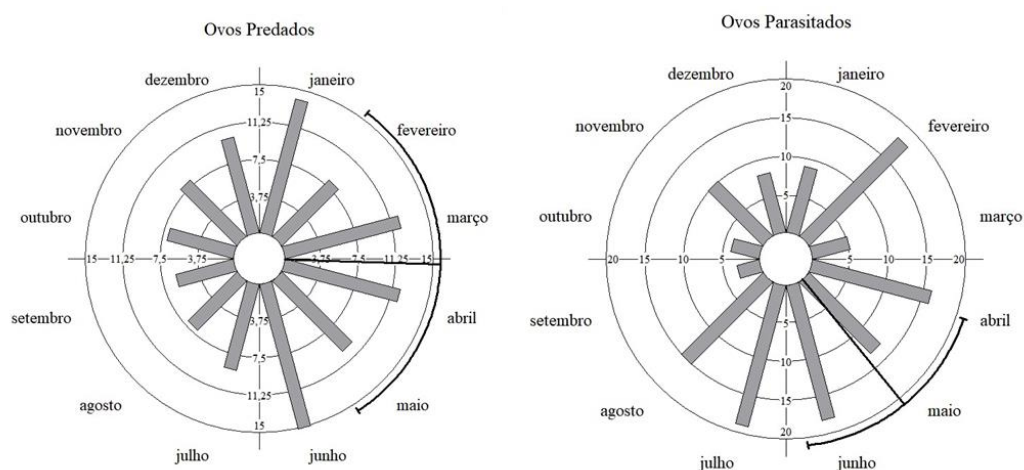


Figura 7. Histogramas circulares dos ovos parasitados e predados de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro 2019 na Serra do Japi, Jundiá – SP. O vetor (linha preta) no interior do círculo indica a média angular ou a direção dos dados. A linha transversa (preta) no setor externo ao círculo indica o intervalo de confiança de 95%.

Tabela 3. Estatística circular aplicada aos ovos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2018 na Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	Ovos	Ovos Parasitados	Ovos Predados
Número de Observações	920	138	118
Vetor Médio ( $\mu$ )	94.148°	140.959°	91.674°
Mês	abril	maio	abril
Comprimento do Vetor Médio ( $r$ )	0.27	0.207	0.132
Intervalo de Confiança 95% (+/-) para $\mu$	84.613° - 103.682°	108.612° - 173.307°	-
Teste de Rayleigh ( $Z$ )	66.82	5.898	2.041
Teste de Rayleigh ( $p$ )	< <b>1 e<sup>-12</sup></b>	<b>0.003</b>	0.13

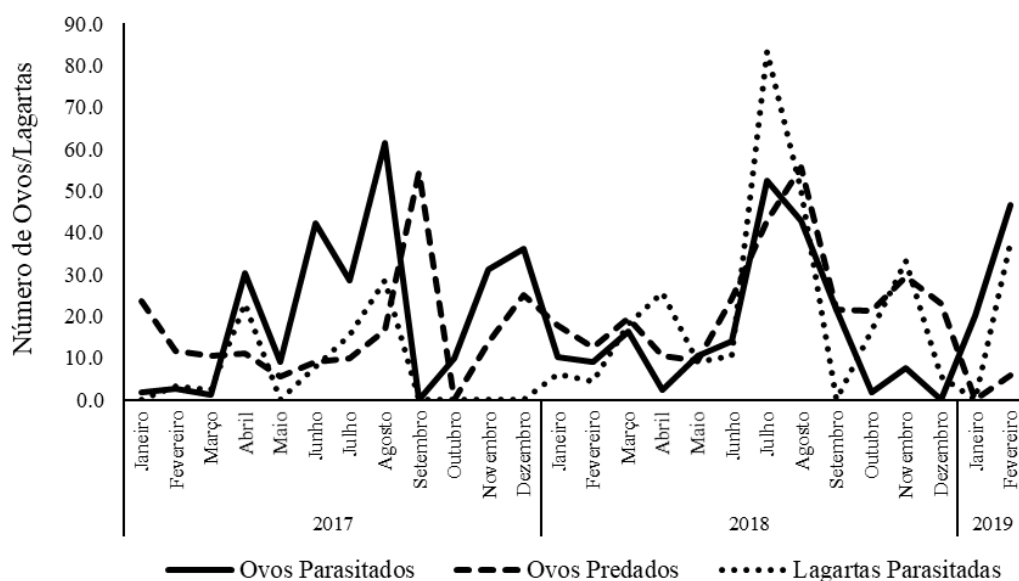


Figura 8. Distribuição dos ovos parasitados ou predados e lagartas parasitadas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2019 na Serra do Japi, Jundiá – SP.

Lagartas de *Pseudoscada erruca* apresentaram picos marcados de abundância (abril) durante os anos de estudo (Figura 9; Tabela 4). O mês de maior abundância, nos dois anos de estudo, foi março, com 43 e 22 lagartas respectivamente. Lagartas parasitadas, apesar de apresentarem picos entre os meses de abril e junho, foram poucos definidos (Figura 9; Tabela 4).

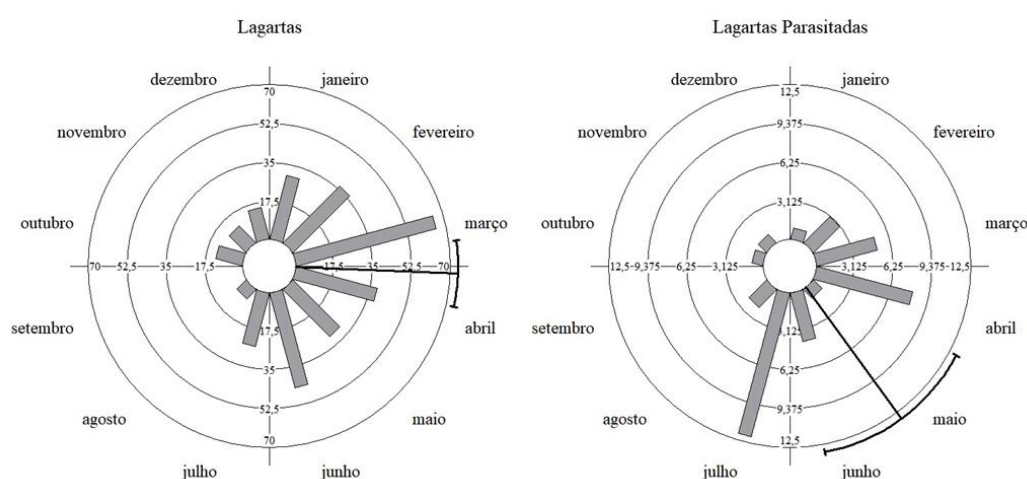


Figura 9. Histogramas circulares das lagartas e lagartas parasitadas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2019 na Serra do Japi, Jundiá – SP. O vetor (linha preta) no interior do círculo indica a média angular ou a direção dos dados. A linha transversal (preta) no setor externo ao círculo indica o intervalo de confiança de 95%.

Tabela 4. Estatística circular aplicada às lagartas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2018 na Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	Lagartas	Lagartas Parasitadas
Número de Observações	313	38
Vetor Médio ( $\mu$ )	92.219°	143.746°
Mês	abril	maio
Comprimento do Vetor Médio ( $r$ )	0.422	0.472
Intervalo de Confiança 95% (+/-) para $\mu$	82.077° - 102.36°	118.091° - 169.4°
Teste de Rayleigh ( $Z$ )	55.652	8.466
Teste de Rayleigh ( $p$ )	<b>&lt; 1 e<sup>-12</sup></b>	<b>1.39 e<sup>-4</sup></b>

Os picos de abundância dos estádios de desenvolvimento das lagartas de *P. erruca* (1°, 2°, 3°, 4° instar) foram mais definidos em comparação com a abundância total de ovos e lagartas. Lagartas de 1° instar apresentaram pico em março, sendo o mês de maior abundância nos dois anos (27 e 14 lagartas respectivamente), já as lagartas de 2°, 3° e 4° instar com pico em abril. Lagartas de 5° instar não apresentaram abundância com picos definidos (Figura 10; Anexo 6).



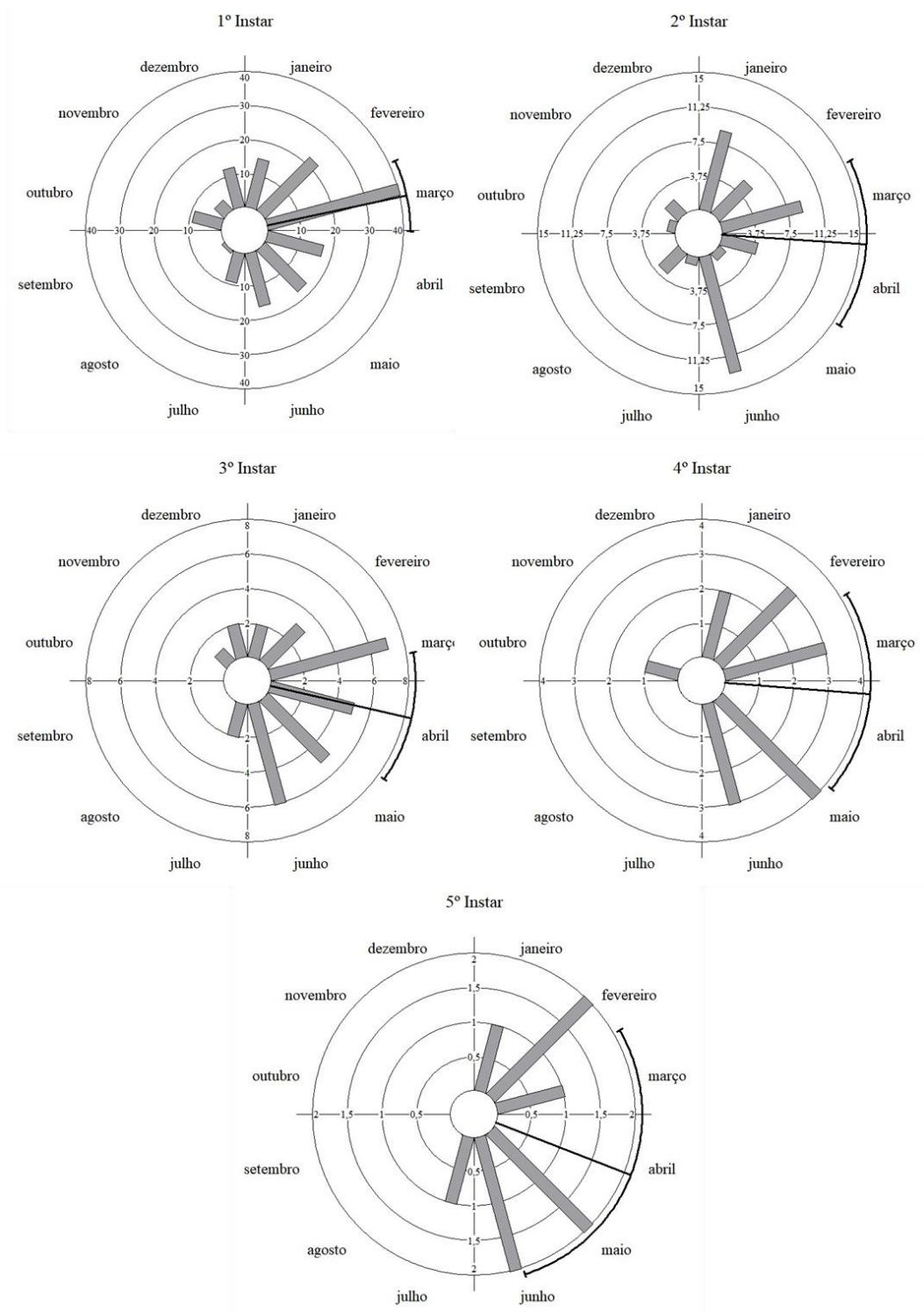


Figura 10. Histogramas circulares dos estádios das lagartas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro 2019 na Serra do Japi, Jundiaí – SP. O vetor (linha preta) no interior do círculo indica a média angular ou a direção dos dados.

### *Sincronia entre Eventos*

Observou-se uma relação positiva entre o aumento da precipitação e o número de folhas novas no tempo zero. Entretanto, não houve relação entre a precipitação e o número de folhas maduras e senescentes em nenhuma defasagem temporal (Tabela 5).

As folhas novas também apresentaram relações positivas com o aumento da temperatura e o número de folhas no tempo zero. No entanto, observou-se relação positiva entre temperatura e folhas maduras e relação negativa entre temperatura e folhas senescentes três meses depois (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficiente de correlação de Pearson entre fenologia de *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) – folhas novas, maduras e senescentes – com os fatores ambientais (precipitação e temperatura), com três meses de defasagens nas variáveis dependentes. Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores (*p*) ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	"Time-lag" (meses)	<i>R</i>	<i>p</i> (valor)
Precipitação vs. Folhas Novas	0	0.664	<b>0.0186</b>
	1	0.346	0.2973
	2	0.341	0.9255
	3	-0.387	0.3038
Precipitação vs. Folhas Maduras	0	0.546	0.0663
	1	0.578	0.0624
	2	0.600	0.0667
	3	0.368	0.3305
Precipitação vs. Folhas Senescentes	0	0.284	0.3713
	1	-0.156	0.6464
	2	-0.458	0.1828
	3	-0.571	0.1086
Temperatura vs. Folhas Novas	0	0.789	<b>0.0023</b>
	1	0.405	0.2163
	2	-0.020	0.9571
	3	-0.522	0.1499
Temperatura vs. Folhas Maduras	0	0.639	0.0254
	1	0.808	<b>0.0026</b>
	2	0.775	0.0085
	3	0.323	0.3968
Temperatura vs. Folhas Senescentes	0	0.438	0.1540
	1	-0.137	0.6877
	2	-0.519	0.1245
	3	-0.745	<b>0.0213</b>

O efeito do aumento da precipitação e da temperatura relacionaram-se, de modo positivo, com a abundância de ovos de *P. erruca* (Tabela 6). Observou-se relação negativa entre os fatores ambientais e a abundância de ovos parasitados, e relação positiva com ovos predados (Tabela 6). Todas as relações foram registradas no tempo zero.

Tabela 6. Coeficiente de correlação de Pearson entre os ovos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) com os fatores ambientais (precipitação e temperatura), com três meses de defasagens nas variáveis dependentes. Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores (*p*) ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	"Time-lag" (meses)	<i>R</i>	<i>p</i> (valor)
Precipitação vs. Ovos	0	0.022	0.9448
	1	0.184	0.5887
	2	0.630	0.0508
	3	0.743	<b>0.0218</b>
Precipitação vs. Ovos Predados	0	-0.717	0.8248
	1	0.129	0.7045
	2	0.481	0.1595
	3	0.692	<b>0.0388</b>
Precipitação vs. Ovos Parasitados	0	-0.587	<b>0.0448</b>
	1	-0.020	0.9535
	2	0.363	0.9206
	3	0.572	0.1077
Temperatura vs. Ovos	0	-0.135	0.6762
	1	0.464	0.1504
	2	0.744	0.0135
	3	0.795	<b>0.0104</b>
Temperatura vs. Ovos Predados	0	-0.154	0.6337
	1	0.139	0.6826
	2	0.692	0.0266
	3	0.864	<b>0.0027</b>
Temperatura vs. Ovos Parasitados	0	-0.721	<b>0.0082</b>
	1	-0.204	0.5483
	2	0.139	0.7023
	3	0.662	0.0523

Houve relação positiva entre os fatores ambientais e a abundância de lagartas de *P. erruca*, três meses depois para temperatura e dois meses depois para a precipitação

(Tabela 7). Não foi registrada relação entre os fatores ambientais e a abundância de lagartas parasitadas, não havendo defasagem temporal (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficiente de correlação entre as lagartas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) com os fatores ambientais (precipitação e temperatura), com três meses de defasagens nas variáveis dependentes. Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores (*p*) ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	"Time-lag" (meses)	<i>R</i>	<i>p</i> (valor)
Precipitação vs. Lagartas	0	0.143	0.6565
	1	0.412	0.2081
	2	0.734	<b>0.0147</b>
	3	0.731	0.0253
Precipitação vs. Lagartas Parasitadas	0	-0.243	0.4459
	1	0.376	0.2542
	2	0.436	0.2083
	3	0.390	0.2996
Temperatura vs. Lagartas	0	0.063	0.8451
	1	0.448	0.1674
	2	0.729	0.0168
	3	0.901	<b>0.0009</b>
Temperatura vs. Lagartas Parasitadas	0	-0.422	0.1715
	1	0.257	0.4457
	2	0.276	0.4400
	3	0.458	0.2154

A quantidade de folhas disponíveis para a alimentação (folhas maduras + folhas novas) e a abundância dos inimigos naturais (ovos parasitados + ovos predadores) apresentaram relações positivas, com defasagem de um mês, com a abundância de ovos de *P. erruca* (Tabela 8).

Tabela 8. Coeficiente de correlação de Pearson entre a abundância de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini), representada pelo número de ovos, a disponibilidade folhas (folhas maduras + folhas maduras) e a abundância de inimigos naturais (ovos parasitados + ovos predados) com três meses de defasagens nas variáveis dependentes. Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores (p) ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	"Time-lag" (meses)	R	p (valor)
Disponibilidade de Folhas vs. Ovos	0	0.290	0.3607
	1	0.693	<b>0.0180</b>
	2	0.671	0.0336
	3	0.364	0.3360
Ovos vs. Inimigos Naturais	0	0.497	0.1003
	1	0.860	<b>0.0007</b>
	2	0.730	0.0166
	3	0.280	0.4663

#### *Mortalidade dos imaturos de Pseudoscada erruca (Ithomiini)*

Ao final de 26 meses de observações (janeiro de 2017 a fevereiro 2019), foram contabilizados 2021 imaturos de *Pseudoscada erruca*, dos quais 81% (1233) morreram no estágio de ovo, 18% (273) morreram em algum estágio larval. Entre os estádios, 69% (203) morreram no 1º instar, 34% (31) no 2º instar, 44% (26) no 3º instar e 39% (13) no 4º instar. Apenas 20 lagartas conseguiram chegara ao 5º instar (Tabela 9).

Tabela 9. Tabela de vida estática dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em *Sessee brasiliensis* (Solanaceae) entre janeiro de 2017 e fevereiro 2019 na Serra do Japi, Jundiá – SP. K(x) = número de imaturos vivos no início de cada classe; D(x) = número de indivíduos que morrem no transcurso de cada classe; q(x) = percentual de mortes que ocorrem em cada classe, em relação ao número de indivíduos vivos no início da própria classe; P(x) = percentuais de sobrevivência que ocorrem em cada classe.

Classe	Nº de vivos K(x)	Nº de mortos D(x)	Mortalidade por classe (%) q(x)	Tempo de duração (dias)	Sobrevivência diária (%) P(x)
Ovo	1526	1233	80.8	3.0	57.7
Lagarta 1º instar	293	203	69.3	2.8	65.7
Lagarta 2º instar	90	31	34.4	2.0	81.0
Lagarta 3º instar	59	26	44.1	2.1	76.1
Lagarta 4º instar	33	13	39.4	2.9	84.0
Lagarta 5º instar	20	(-)	(-)	5.3	(-)

Ao longo de dois anos de estudo a taxa média de parasitismo em ovos foi 18,5%, variando de 1,1% (março/2017) a 61,5% (agosto/2018) e foi nula em setembro 2017 e dezembro 2018. A taxa de parasitismo foi maior no primeiro ano (21,2%) do que no segundo (15,7%) (Figura 11).

Para os ovos predados, a taxa média foi de 19,9%, variando de 9,1% (junho/2017) a 55,6% (agosto/2018), e foi nula em outubro de 2017 e janeiro de 2019. Entretanto a taxa de predação foi maior no segundo ano (24%) do que no primeiro ano (15,9%) (Figura 46).

Já a taxa média de parasitismo em lagartas foi de 14,3%, variando de 2,3% (março/2017) a 83,3% (julho/2018) e foi nula nos meses de janeiro, maio, setembro a dezembro de 2017, setembro de 2018 e janeiro de 2019. A taxa também foi maior no segundo ano (21,9%) do que no primeiro (6,7%) (Figura 11).

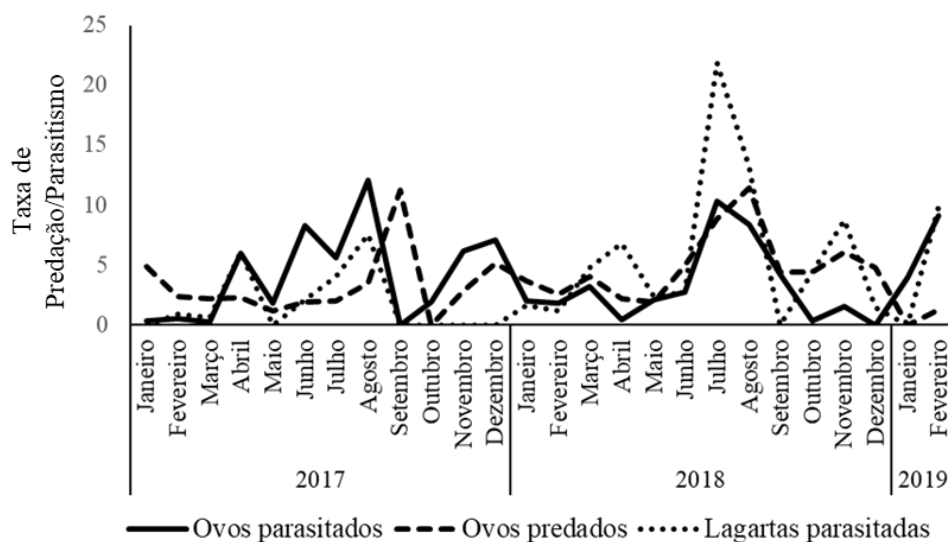


Figura 11. Taxa de predação e parasitismo de ovos e lagartas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em *Sessea brasiliensis* (Solanaceae) entre janeiro de 2017 e fevereiro 2019 na Serra do Japi, Jundiaí – SP.

## DISCUSSÃO

### *Fenologia temporal de *Sessea brasiliensis**

*Sessea brasiliensis* Toledo é uma espécie endêmica do sudeste do Brasil, ocorrendo apenas mais uma espécie deste gênero (*Sessea regnelli* Taubert) no sul do país (Carvalho & Schnoor 1993/ 1997; Benítez 2001). Na Serra do Japi, plantas juvenis de *S. brasiliensis* estão presentes em ambiente de sombreamento intermediário como clareias e principalmente nas bordas de trilhas e estradas, ressaltando a importância do manejo adequado destas áreas.

Os resultados mostraram que *S. brasiliensis* apresentou sincronidade com as variações climáticas na área de estudo. Apenas o número de folhas novas apresentou correlação com a precipitação e a temperatura. Folhas maduras e senescentes tiveram correlação somente com a temperatura. Observou-se um aumento no número de folhas novas com o início das precipitações e aumento da temperatura (análise *time lag* 0), isto nos indica que a planta *S. brasiliensis* tem um investimento no crescimento vegetativo logo após o início das chuvas e o aumento da temperatura, o que coincide com aumento populacional de muitos insetos herbívoros (Logan *et al.* 2006; Régnière *et al.* 2012). As correlações negativa entre folhas senescentes e temperatura (análise *time lag* 3) e positiva entre folhas maduras e temperatura (análise *time lag* 1), podem estar relacionadas às estratégias da planta de diminuir seu desenvolvimento nos períodos de baixa temperatura, que correspondem ao período seco da região de estudo, com reabsorção de nutrientes das folhas senescentes neste período e posterior investimento no crescimento das folhas maduras (George *et al.* 1989; Marschner 2011). Para *S. brasiliensis* a perda de folhas senescentes ocorre durante o período seco e frio da região de estudo, três meses após há um aumento do crescimento vegetativo das folhas maduras com posterior recrutamento

de novas folhas. Portanto, ao longo do ano ocorre uma substituição gradativa da massa foliar.

Vasconcellos-Neto (1991) sugere que além dos fatores climáticos também ocorra uma sincronização entre as fenologias das plantas hospedeiras e os estágios iniciais dos Ithomiini. A oviposição da borboleta *Hypoleria cymo* (Hübner 1806) é maior durante o verão e outono e sua planta hospedeira *Cestrum sendtnerianum* Mart. ex Sendtn. floresce e frutifica nos períodos de baixa densidade populacional da borboleta. O autor observou que os Ithomiini que colocam ovos em plantas perenes, como *C. sendtnerianum* e *S. brasiliensis*, reproduzem-se principalmente durante o verão e outono, quando estas plantas têm muitas folhas jovens e maduras disponíveis, corroborando com os dados observados.

Lamentavelmente na região de estudo não é possível amostrar um maior número plantas em diferentes faixas etárias devido ao incorreto manejo das bordas das estradas e trilhas. Considera-se que as ações de “limpeza” das bordas podem afetar o recrutamento de novos indivíduos e a sobrevivência de plantas juvenis e assim consequentemente interferir na sincronicidade recíproca do recrutamento de folhas e a oviposição de *P. erruca*. Isto a longo prazo, poderia afetar a dinâmica das borboletas, ao contarem com poucas opções de plantas nas condições ideais de fenologia e micro-habitat para a oviposição.

#### *Dinâmica populacional de Pseudoscada erruca e parasitoides*

Assim como a planta hospedeira, a abundância de ovos de lagartas de *P. erruca* também apresentaram uma sazonalidade marcada, com aumento significativo após a estação chuvosa que ocorre entre os meses de janeiro e março. Portanto, embora ocorra um pico de precipitação e temperatura em janeiro, a população de *P. erruca* apresenta



uma máxima densidade populacional entre os meses de março e maio (análise *time lag* 3 para ovos e análise *time lag* 2 para lagartas). É comum que a resposta populacional seja posterior ao evento climático em áreas sazonais como a região de estudo sendo que essa defasagem temporal (*time-lag*) pode ser maior do que quatro meses (Romero & Vasconcellos-Neto 2005, Postali 2009, Villanueva-Bonilla & Vasconcellos-Neto 2016; Porto 2018). É interessante notar que a defasagem temporal das dos estágios iniciais de *Ithomiini* coincide com o recrutamento de novas folhas em *S. brasiliensis*, ocorrendo um ajuste recíproco entre a fenologia planta e a dinâmica populacional do *Ithomiini*, como mencionado acima. Portanto, foi observado que além da abundância de *P. erruca* ser influenciada pela a disponibilidade de folhas novas e maduras de sua planta hospedeira, também poderia estar influenciada pela variação climática.

Quanto aos parasitoides, a literatura reporta que sua riqueza e a abundância estão relacionadas ao aumento da precipitação e temperatura, período que ocorre aumento nas taxas de crescimento e reprodução de muitas plantas e insetos hospedeiros (Boinski & Fowler 1989; Aguiar-Menezes & Menezes 2001). Na Serra do Japi há registro da relação do aumento da temperatura e precipitação com as rebrotas de muitas espécies de plantas que são fontes de alimento para lagartas Lepidoptera e Coleoptera e assim, consequentemente, aumento na oferta de hospedeiro para os parasitoides desta região (Brown 1992; Morellato 1992; Frieiro-Costa & Vasconcellos-Neto 2003; Sobczak *et al.* 2012). No entanto, foi observado que a abundância de ovos parasitados apresentou uma correlação negativa com a precipitação e temperatura. Os resultados para parasitoides de ovos não se ajustam ao reportado na literatura clássica de parasitoides, porém observou-se que a maior abundância de ovos parasitados ocorreu após a época de maior abundância de ovos, o que indicaria que a população de parasitoides de ovo é dependente da população do hospedeiro.

A abundância de parasitoides de lagartas se manteve constante durante todo o ano. Acredita-se que isto seja devido ao padrão de parasitismo do gênero *Diadegma* sp. Como mencionado na discussão do capítulo anterior, sugere-se que seja uma espécie generalista e que, ao longo do ano, sempre teria hospedeiros disponíveis. Isto amorteceria os efeitos das variações climáticas na dinâmica desse gênero. Porém, não se descarta uma subamostragem por ter observado apenas parasitoides no seu estágio de pupa, devido à dificuldade de determinar se as lagartas de *P. erruca* estavam parasitadas.

Monteiro (1981) também observou que os parasitoides generalistas podem tem uma preferência por micro-habitat. *Apanteles concinnus* (Statz, 1938) (Braconidae), parasitoide comum de *Hypoleria cymo*, também ataca *Hypothyris ninonia* (Hübner, 1806) e *Dircenna dero* (Hübner, 1823) em *Solanun paniculatum* L., e *Mechanitis lysimnia* (Fabricius, 1793) em *Solanum affine* Sendtn., quando tanto as plantas quanto as borboletas ocorriam no mesmo micro-habitat úmido e sombreado que *Hypoleria cymo*. Essas observações foram semelhantes às encontradas para o parasitoide *Diadegma* sp. que se observou parasitando *Pseudoscada erruca*, *Heterosais edessa* (Hewitson, 1855), *Hypoleria adasa* (Hewitson, 1855) e *Ithomia lichyi* (D'Almeida, 1939) em diferentes plantas hospedeiras que ocorriam em um mesmo micro-habitat, como mencionado no capítulo anterior (Observações pessoais).

Lawton (1986) também discute a importância dos parasitoides generalistas na diferenciação dos nichos dos herbívoros sugerindo que pode haver uma partição de plantas hospedeiras como resultado da pressão dos parasitoides. Vasconcellos-Neto (1986) sugere que o maior risco de predação e parasitismo em algumas espécies de plantas, assim como a raridade e a sazonalidade das plantas hospedeiras, são os principais fatores que facilitam a polifagia entre os Ithomiini.

Outro fator relacionado aos parasitoides seria a estratégia reprodutiva adotada pelos Ithomiini. Tinbergen e colaboradores (1967), estudando a predação de ovos em diferentes densidades, mostraram que o maior espaçamento entre os insetos herbívoros pode ser interpretado como uma defesa contra a predação e o parasitismo. Portanto, espera-se diferentes estratégias reprodutivas de acordo com seu padrão de abundância das plantas hospedeiras. Quando a planta hospedeira é comum, a seleção deve favorecer ovos solitários na mesma planta ou em indivíduos diferentes e quando a hospedeira é dispersa, os ovos agrupados devem ser mais vantajosos. Para a borboleta *P. erruca*, a estratégia de colocar ovos isolados e em pequeno número por plantas como *S. brasiliensis*, que são abundantes e pouco espaçadas, os parasitoides de ovos foram eficientes no controle de sua população. Padrão semelhante foi encontrado por Vasconcellos-Neto (1991) para a borboleta *Hypoleria cymo*, cuja planta era abundante na região de estudo e que também colocava ovos isolados.

#### *Mortalidade dos imaturos de Pseudoscada erruca*

A análise da tabela de vida pode ser uma importante ferramenta para avaliar o impacto de fatores de mortalidade na dinâmica de muitas populações de insetos (Duan *et al.* 2014). Através da tabela dos imaturos de *Pseudoscada erruca*, observou-se que os inimigos naturais, parasitoides e predadores, contribuíram para reduções significativas na taxa de crescimento populacional.

Foi observada uma maior mortalidade na fase de ovo e no primeiro estágio larval. Essa alta mortalidade pode estar relacionada aos fatores climáticos os quais esses estágios são mais sensíveis, como relatado na discussão do capítulo anterior. Porém também, à alta taxa de parasitismo e predação que ocorre na fase de ovo e à predação das lagartas de 1º instar (Observações pessoais).

É interessante ressaltar sobre a taxa de sobrevivência final das 20 lagartas de quinto instar relatadas na tabela de vida. Lagartas de quinto instar ainda estão sujeitas à predação e ao parasitismo, como verificado no estudo de dinâmica. O parasitismo nesta fase, tanto por parasitoides da fase larval como de pré-pupa, apenas expressaram seu estado parasitado a partir do quinto instar. Na fase de pupa, além da mortalidade por parasitoides que não foram observados neste trabalho, outros fatores como predação, variáveis climáticas e condições micro-climáticas podem levar ao dessecamento e às contaminações por nematoides e microrganismos entomopatogênicos (Kaya & Gaugler 1993; Hussain *et al.* 2009). Portanto, ao inferir a taxa de mortalidade das lagartas de quinto instar e das pupas constata-se que poucas borboletas adultas irão emergir no final do ciclo.

Portanto, verificou-se que a alta mortalidade dos imaturos de *P. erruca* pode estar relacionada principalmente à ação dos inimigos naturais, seguida pelas variações microclimáticas, e disponibilidade de planta hospedeira, assim como foi sugerido por Vasconcellos-Neto (1980, 1986, 1991) para as espécies *Mechanitis lysimnia*, *M. polymnia* (Linnaeus, 1758) e *Hypothesis ninonia*. Essas observações sugerem que além do papel dos fatores bióticos - inimigos naturais e a fenologia da planta hospedeira - os fatores abióticos desempenham um importante papel na regulação da dinâmica populacional de *P. erruca*.

## CONCLUSÃO

A planta *Sessea brasiliensis* apresentou uma sazonalidade marcada da fenologia de suas folhas de forma sincronizada com o aumento populacional dos imaturos de *Pseudoscada erruca*. Indivíduos de *P. erruca*, tanto ovos como lagartas, estiveram presentes durante o ano todo, apresentando picos populacionais logo após o período de maior temperatura e umidade. Os picos populacionais dos parasitoides de ovos e lagartas também mostraram uma sincronia com os picos populacionais dos imaturos de *P. erruca*, evidenciando a estreita relação dependente entre parasitoide-hospedeiro.

Através da tabela de vida, foi possível verificar que ocorre grande mortalidade na fase imatura de *P. erruca*, principalmente de ovos e lagartas de 1º instar, e que poucos adultos irão completar seu ciclo e conseguir se reproduzir. Também foi possível observar pelas taxas de predação e parasitismo que outros fatores podem estar influenciando na sobrevivência de *P. erruca*. Acreditamos que grande parte das mortes destes indivíduos esteja relacionada aos fatores climáticos e condições microclimáticas do local que se encontra a planta hospedeira.

Portanto, com base nestes dados descarta-se a regulação populacional do tipo *bottom-up* (de baixo para cima) e *top-down* (de cima para baixo), sugerindo que a regulação populacional dos imaturos ocorra de uma maneira equilibrada entre efeitos dos inimigos naturais seguidos das variáveis climáticas e a disponibilidade de plantas hospedeiras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. (1992). A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, 12-23.
- Abrams, P. A., Menge, B. A., Mittelbach, G. G., Spiller, D. A., & Yodzis, P. (1996). The role of indirect effects in food webs. *Food Webs*, p. 371-395.
- Adams, J. M., Ahn, S., Ainuddin, N., & Lee, M. L. (2011). A further test of a palaeoecological thermometer: tropical rainforests have more herbivore damage diversity than temperate forests. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 164(1-2), 60-66.
- Agosta, S. J. (2006). On ecological fitting, plant–insect associations, herbivore host shifts, and host plant selection. *Oikos*, 114(3), 556-565.
- Agrawal, A. A., Hastings, A. P., Johnson, M. T., Maron, J. L., & Salminen, J. P. (2012). Insect herbivores drive real-time ecological and evolutionary change in plant populations. *Science*, 338(6103), 113-116.
- Agrawal, A. A., Lau, J. A., & Hambäck, P. A. (2006). Community heterogeneity and the evolution of interactions between plants and insect herbivores. *The Quarterly Review of Biology*, 81(4), 349-376.
- Aguiar-Menezes, E. L. & Menezes, E. B. (2001). Parasitismo sazonal e flutuação populacional de Opiinae (Hymenoptera: Braconidae), parasitoides de espécies de Anastrepha (Diptera: Tephritidae), em Seropédica, RJ. *Neotropical Entomology*, 4: 613-623.
- Andrewartha, H. G., & Birch, L. C. (1954). *The distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press, Chicago, USA. 782p.
- Bates, H. W. (1862). Contributions to an insect fauna of the *Amazon valley* (Lepidoptera: Heliconidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 16(1), 41-54.
- Beccaloni, G. (1997). Ecology, natural history and behaviour of the Ithomiinae Butterflies and their mimics in Ecuador. *Tropical Lepidoptera*, 8(2), 103-124.
- Beccaloni, G. W., & Gaston, K. J. (1995). Predicting the species richness of neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. *Biological Conservation*, 71(1), 77-86.
- Benítez, C. 2001. Una nueva especie de *Sessea* (Solanaceae) de Loja, Ecuador. *Novon* 11: 298–301. 01.
- Bentancourt, C.M., Scatoni, I.B., Gonzalez, A., & Franco, J. (2004). Biology of *Bonagota cranium* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) in seven natural foods. *Neotropical Entomology*, 33 (3), 299-306.

Bernays, E. A. (1998). Evolution of feeding behavior in insect herbivores. *Bioscience*, 48(1), 35-44.

Berryman, A. A. (Ed.). (2013). *Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications*. Springer Science & Business Media.

Beserra, E. B., & Parra, J. R. P. (2004). Biology and parasitism of *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(1), 119-126.

Blois, J. L., Zarnetske, P. L., Fitzpatrick, M. C., & Finnegan, S. (2013). Climate change and the past, present, and future of biotic interactions. *Science*, 341(6145), 499-504.

Boinski, S. & Fowler, N. L. (1989). Seasonal patterns in a tropical lowland forest. *Biotropica*, 21: 223-233.

Bonilla Gomez, M. A. (1999). *Caracterização da estrutura espaço-temporal da comunidade de abelhas euglossinas (Hymenoptera, Apidae) na Hiléia Baiana*. UNICAMP. Tese de Doutorado.

Borer, E. T., Seabloom, E. W., Shurin, J. B., Anderson, K. E., Blanchette, C. A., Broitman, B., & Halpern, B. S. (2005). What determines the strength of a trophic cascade? *Ecology*, 86(2), 528-537.

Bronstein, J. L., Alarcón, R., & Geber, M. (2006). The evolution of plant–insect mutualisms. *New Phytologist*, 172(3), 412-428.

Brown K. S. Jr. (1984). Adult-obtained pyrrolizidine alkaloids defend ithomiine butterflies against a spider predator. *Nature*, 309(5970), 707-709.

Brown K. S. Jr. (1985). Chemical ecology of dehydropyrrolizidine alkaloids in adult Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 44(4), 435-460.

Brown, K. S. Jr. (1987). Chemistry at the Solanaceae/Ithomiinae interface. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 359-397.

Brown, K. S. Jr. (1992). Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. *História Natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas, Unicamp/Fapesp, 142-187.

Brown, K. S. Jr., & Benson, W. W. (1974). Adaptive polymorphism associated with multiple Müllerian mimicry in *Heliconius numata* (Lepid. Nymph.). *Biotropica*, 205-228.

Brown, K. S. Jr., & D'Almeida, R. F. (1970). The Ithomiinae of Brazil (Lepidoptera: Nymphalidae). II. A new genus and species of Ithomiinae with comments

on the tribe Dircennini D'Almeida. *Transactions American Entomological Society* 96:1-18.

Brown, K. S. Jr., & Freitas, A. V. L. (1994). Juvenile stages of Ithomiinae: overview and systematics (Lepidoptera: Nymphalidae). *Tropical Lepidoptera Research*, 5(1), 9-20.

Brown, K. S. Jr., & Freitas, A. V. L. (2000). Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation 1. *Biotropica*, 32(4b), 934-956.

Brown, K. S. Jr., & Hutchings, R. W. (1997). Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago, 632.

Brower, A. V., Freitas, A. V., Lee, M. M., Silva-Brandão, K. L., Whinnett, A., & Willmott, K. R. (2006). Phylogenetic relationships among the Ithomiini (Lepidoptera: Nymphalidae) inferred from one mitochondrial and two nuclear gene regions. *Systematic Entomology*, 31(2), 288-301.

Brown, K. S. Jr., & Vasconcellos-Neto, J. (1976). Predation on aposematic ithomiine butterflies by tanagers (*Pipraeidea melanonota*). *Biotropica*, 136-141.

Bruce, T. J. (2014). Interplay between insects and plants: dynamic and complex interactions that have coevolved over millions of years but act in milliseconds. *Journal of Experimental Botany*, 66(2), 455-465.

Brückmann, M., Trigo, J. R., Foglio, M. A., & Hartmann, T. (2000). Storage and metabolism of radioactively labeled pyrrolizidine alkaloids by butterflies and larvae of *Mechanitis polymnia* (Lepidoptera: Nymphalidae, Ithomiinae). *Chemoecology*, 10(1), 25-32.

Caldas, A. (1992b). Mortality of *Anaea ryphea* (Lepidoptera: Nymphalidae) immatures in Panama. *Journal of Research on the Lepidoptera* 31(3-4): 195-204, 1992

Caldas, A. (1994). Biology of *Anaea ryphea* (Nymphalidae) in Campinas, Brazil. *Journal of the Lepidopterists Society*, 48(3), 248-257.

Caldas, A. (1995a). Population ecology of *Anaea ryphea* (Nymphalidae): Immatures at Campinas, Brazil. *Journal of the Lepidopterists Society*, 49(3), 234-245.

Caldas, A. (1996). Intraseasonal variation in a population of *Fountainea ryphea* (Cramer) (Lepidoptera, Nymphalidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(2), 399-404.

Cardé, R. T., & Millar, J. G. (2004). *Advances in insect chemical ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Cardoso, M. Z. (1997). Testing chemical defence based on pyrrolizidine alkaloids. *Animal Behaviour*, 54(4), 985-991.



- Carrasco, D., Larsson, M. C., & Anderson, P. (2015). Insect host plant selection in complex environments. *Current Opinion in Insect Science*, 8, 1-7.
- Carvalho, L. d'AF. & Schnoor A. (1993/97). *Sessea* Carvalho et Schnoor - nova seção para o gênero *Cestrum* (Solanaceae). *Rodriguésia*, 45/49: 15–24.
- Carvalho, L. d'AF 1998. *Sessea brasiliensis*. A IUCN Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas 1998: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T37987A10086412.e> n. Dados de 15 de agosto de 2016.
- Carvalho, M. R. M. (2019). *Seleção de planta hospedeira, performance larval e descrição de estágios imaturos na borboleta Mechanitis polymnia casabranca (Haensch, 1905) (Nymphalidae, Danainae)*. UNICAMP. Tese de Doutorado.
- Chen, Y., Olson, D. M., & Ruberson, J. R. (2010). Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. *Arthropod-Plant Interactions*, 4(2), 81-94.
- Chowański, S., Adamski, Z., Marciniak, P., Rosiński, G., Büyükgüzel, E., Büyükgüzel, K. & Bufo, S. A. (2016). A review of bioinsecticidal activity of Solanaceae alkaloids. *Toxins*, 8(3), 60.
- Cipollini, M. L., & Levey, D. J. (1997). Antifungal activity of *Solanum* fruit glycoalkaloids: implications for frugivory and seed dispersal. *Ecology*, 78(3), 799-809.
- Clancy KM, & Price PW (1987) Rapid herbivore growth enhances enemy attack: Sublethal plant defenses remain a paradox. *Ecology* 68:733-737.
- Clark, K. E., Hartley, S. E., & Johnson, S. N. (2011). Does mother know best? The preference–performance hypothesis and parent–offspring conflict in aboveground–belowground herbivore life cycles. *Ecological Entomology*, 36(2), 117-124.
- Costa, F. A. P. D. L. (1991). *Sobre a utilização de Solanum cernuum Vell. (Solanaceae) como planta hospedeira por Hypothyris ninonia daeta (Bdv., 1836) (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae)*. UNICAMP. Dissertação de Mestrado.
- Currano, E. D., Labandeira, C. C., & Wilf, P. (2010). Fossil insect folivory tracks paleotemperature for six million years. *Ecological Monographs*, 80(4), 547-567.
- Craig, T. P., & Itami, J. K. (2008). Evolution of preference and performance relationships. *Specialization, speciation, and radiation. The evolutionary biology of herbivorous insects*. University of California Press, Berkeley, 20-28.
- Cronin, J. T., Abrahamson, W. G., & Craig, T. P. (2001). Temporal variation in herbivore host-plant preference and performance: constraints on host-plant adaptation. *Oikos*, 93(2), 312-320.
- Cusumano, A., Weldegergis, B. T., Colazza, S., Dicke, M., & Fatouros, N. E. (2015). Attraction of egg-killing parasitoids toward induced plant volatiles in a multi-herbivore context. *Oecologia*, 179(1), 163-174.

D'Arcy, W. G. (1991). The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. *Solanaceae III. Taxonomy, chemistry, evolution*. Roy. Bot. Gard.: Kew & Linnean Soc.: London, 75-137.

De-Silva, D. L., Mota, L. L., Chazot, N., Mallarino, R., Silva-Brandão, K. L., Piñerez, L. M. G., & Giraldo, C. E. (2017). North Andean origin and diversification of the largest ithomiine butterfly genus. *Scientific Reports*, 7, 45966.

Dethier, V. G. (1954). Evolution of feeding preferences in phytophagous insects. *Evolution*, 8(1), 33-54.

DeVries, P. J., & Walla, T. R. (2001). Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74(1), 1-15.

DeVries, P. J., Murray, D., & Lande, R. (1997). Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnean Society*, 62(3), 343-364.

DeVries, P. J., Walla, T. R., & Greeney, H. F. (1999). Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. *Biological Journal of the Linnean Society*, 68(3), 333-353.

Dicke, M. (2000). Chemical ecology of host-plant selection by herbivorous arthropods: a multitrophic perspective. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28(7), 601-617.

Didham, R. K., Ghazoul, J., Stork, N. E., & Davis, A. J. (1996). Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(6), 255-260.

Drummond, B. A. (1981). Ecological chemistry, animal behavior and plant systematics. *Solanaceae News*, 2(1), 59-66.

Drummond, B. A., & Brown, K. S. Jr. (1987). Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): summary of known larval food plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74, 341-358.

Duan, J. J., Abell, K. J., Bauer, L. S., Gould, J., & Van Driesche, R. (2014). Natural enemies implicated in the regulation of an invasive pest: a life table analysis of the population dynamics of the emerald ash borer. *Agricultural and Forest Entomology*, 16(4), 406-416.

Dussourd, D. E., & Denno, R. F. (1991). Deactivation of plant defense: correspondence between insect behavior and secretory canal architecture. *Ecology*, 72(4), 1383-1396.

Dyer, L. A., & Letourneau, D. K. (1999). Relative strengths of top-down and bottom-up forces in a tropical forest community. *Oecologia*, 119(2), 265-274.

Edgar, J. A., & Culvenor, C. C. J. (1974). Pyrrolizidine ester alkaloid in danaid butterflies. *Nature*, 248(5449), 614.

Ehrlich, P. R., & Gilbert, L. E. (1973). Population structure and dynamics of the tropical butterfly *Heliconius ethilla*. *Biotropica*, 69-82.

Ehrlich, P. R., & Raven, P. H. (1964). Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution*, 18(4), 586-608.

Feeny, P. (1976). Plant apparency and chemical defense. In *Biochemical interaction between plants and insects* (pp. 1-40). Springer, Boston, MA.

Feeny, P. A. U. L., Rosenthal, G. A., & Berenbaum, M. R. (1992). The evolution of chemical ecology: contributions from the study of herbivorous insects. *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*, 2, 1-44.

Figueiredo, M. D. L. C., Della, L. T. M. C., & Cruz, I. (2010). Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses upon release in a maize field. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(02).

Fraenkel, G. S. (1959). The raison d'etre of secondary plant substances. *Science*, 1466-1470.

Francisco, O. & Prado, A.P. (2001). Characterization of the larval stages of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) using head capsule width. *Brazilian Journal of Biology*, 61 (1), 125-131.

Franco, M. S. (2013) *Estudos Populacionais de Urbanus esta Evans 1952 (Hesperiidae, Lepidoptera) em Desmodium uncinatum (Jacq.) Dc. (Fabaceae) e seus inimigos naturais, na Serra do Japi, Jundiaí – SP*. UNICAMP. Dissertação de Mestrado.

Freitas, A. V. (1993). Biology and population dynamics of *Placidula euryanassa*, a relict ithomiine butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae). *Journal of the Lepidopterist's Society* 47:87-105

Freitas, A. V. L. (1996). Population biology of *Heterosais edessa* (Nymphalidae) and its associated Atlantic Forest Ithomiinae community. *Journal of the Lepidopterists' Society*, 50:273-249.

Freitas, A. V. L., & Brown Jr, K. S. (2004). Phylogeny of the Nymphalidae (Lepidoptera). *Systematic Biology*, 53(3), 363-383.

Freitas, A. V. L., & Ramos, R. R. (2001). Population biology of *Parides anchises nephalion* (Papilionidae) in a coastal site in Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 61(4), 623-630.

Freitas, A.V.L.; Vasconcellos-Neto, J.; Vanini, F.; Trigo, J.R. & Brown Jr., K.S. 2001. Populaions studies of *Aeria olena* and *Tithorea harmonia* (Ithomiinae) in Southeastern Brazil. *Journal of Lepidopterists Society* 55(4): 150-157.

Frieiro-Costa, F.A. & Vasconcellos-Neto, J. 2003. Biological and ecological studies on the tortoise beetle *Omaspides tricolorata* Boheman 1854 (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae). In: Furth, D.G (ed.) Special topics in leaf beetle biology. *Proceeding of 5th International Symposium on the Chrysomelidae*. Sofia: Pensoft Publishers. p. 213-225.

Gardner, D. R., & Stermitz, F. R. (1988). Host plant utilization and iridoid glycoside sequestration by *Euphydryas anicia* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Journal of Chemical Ecology*, 14(12), 2147-2168.

Gassmann, A. J., & Hare, J. D. (2005). Indirect cost of a defensive trait: variation in trichome type affects the natural enemies of herbivorous insects on *Datura wrightii*. *Oecologia*, 144(1), 62-71.

Gatehouse, J. A. (2002). Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. *New Phytologist*, 156(2), 145-169.

George, A. P., Nissen, R. J., & Carseldine, M. L. (1989). Effect of season (vegetative flushing) and leaf position on the leaf nutrient composition of *Annona* spp. hybrid cv. Pink's Mammoth in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29(4), 587-595.

Godfray, H. C. J. (1994). *Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology*. Princeton University Press.

Griffin, W. J., & Lin, G. D. (2000). Chemotaxonomy and geographical distribution of tropane alkaloids. *Phytochemistry*, 53(6), 623-637.

Gripenberg, S., Mayhew, P. J., Parnell, M., & Roslin, T. (2010). A meta-analysis of preference–performance relationships in phytophagous insects. *Ecology Letters*, 13(3), 383-393.

Guppy, J.C. (1969). Some effects of temperature on the immature stages of the caterpillar, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae), under controlled conditions. *The Canadian Entomologist*, 101 (12), 1320-1327.

Hairston, N. G., Smith, F. E., & Slobodkin, L. B. (1960). Community structure, population control, and competition. *American Naturalist*, 421-425.

Hanson, P. E., & Gauld, I. D. (2006). *Hymenoptera de la región Neotropical*. *American Entomological Institute*, 77: 1-994.

Hare, J. D. (2012). How insect herbivores drive the evolution of plants. *Science*, 338(6103), 50-51.

Harrison, S. (1994). Resources and dispersal as factors limiting a population of the tussock moth (*Orgyia vetusta*), a flightless defoliator. *Oecologia*, 99(1-2), 27-34.

Hartvigsen, G., Wait, D. A., & Coleman, J. S. (1995). Tritrophic interactions influenced by resource availability: predator effects on plant performance depend on plant resources. *Oikos*, 463-468.

Haukioja, E., & Neuvonen, S. (1985). The relationship between size and reproductive potential in male and female *Epirrita autumnata* (Lep., Geometridae). *Ecological Entomology*, 10(3), 267-270.

Haukioja, E., Kapiainen, K., Niemelä, P., & Tuomi, J. (1983). Plant availability hypothesis and other explanations of herbivore cycles: complementary or exclusive alternatives? *Oikos*, 419-432.

Hawkins, B. A., & Lawton, J. H. (1987). Species richness for parasitoids of British phytophagous insects. *Nature*, 326(6115), 788-790.

Holt, R. D. (1977). Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. *Theoretical Population Biology*, 12(2), 197-229.

Holt, R. D., & Lawton, J. H. (1993). Apparent competition and enemy-free space in insect host-parasitoid communities. *The American Naturalist*, 142(4), 623-645.

Hunter, M. D. (2001). Multiple approaches to estimating the relative importance of top-down and bottom-up forces on insect populations: Experiments, life tables, and time-series analysis. *Basic and Applied Ecology*, 2(4), 295-309.

Hunter, M. D., & Price, P. W. (1992). Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology*, 73(3), 724-732.

Hunziker, A.T., 2001. *Genera Solanacearum: The Genera of Solanaceae Illustrated, Arranged According to a New System*. Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein, 516p.

Hussain, A., Tian, M. Y., He, Y. R., & Ahmed, S. (2009). Entomopathogenic fungi disturbed the larval growth and feeding performance of *Ocinara varians* (Lepidoptera: Bombycidae) larvae. *Insect Science*, 16(6), 511-517.

Jamieson, M. A., Trowbridge, A. M., Raffa, K. F., & Lindroth, R. L. (2012). Consequences of climate warming and altered precipitation patterns for plant-insect and multitrophic interactions. *Plant Physiology*, 160(4), 1719-1727.

Jaenike, J. (1990). Host specialization in phytophagous insects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21(1), 243-273.

Jeffries, M. J., & Lawton, J. H. (1984). Enemy free space and the structure of ecological communities. *Biological Journal of the Linnean Society*, 23(4), 269-286.

Jiggins, C. D., Naisbit, R. E., Coe, R. L., & Mallet, J. (2001). Reproductive isolation caused by colour pattern mimicry. *Nature*, 411(6835), 302.

Kaya, H. K., & Gaugler, R. (1993). Entomopathogenic nematodes. *Annual Review of Entomology*, 38(1), 181-206.

Kaplan, I., Carrillo, J., Garvey, M., & Ode, P. J. (2016). Indirect plant–parasitoid interactions mediated by changes in herbivore physiology. *Current Opinion in Insect Science*, 14, 112-119.

Kaplan, I., & Denno, R. F. (2007). Interspecific interactions in phytophagous insects revisited: a quantitative assessment of competition theory. *Ecology Letters*, 10(10), 977-994.

Kariyat, R. R., Smith, J. D., Stephenson, A. G., De Moraes, C. M., & Mescher, M. C. (2017). Non-glandular trichomes of *Solanum carolinense* deter feeding by *Manduca sexta* caterpillars and cause damage to the gut peritrophic matrix. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 284(1849), 20162323.

Kassarov, L. (2004). Is aposematism a valid concept in predator-prey relationships between birds and butterflies? A different point of view. *Tropical Lepidoptera Research*, 12(1-2), 1-15.

Kessler, A., & Baldwin, I. T. (2002). *Manduca quinquemaculata*'s optimization of intra-plant oviposition to predation, food quality, and thermal constraints. *Ecology*, 83(8), 2346-2354.

Kozlov, M. V., Hunter, M. D., Koponen, S., Kouki, J., Niemelä, P., & Price, P. W. (2010). Diverse population trajectories among coexisting species of subarctic forest moths. *Population Ecology*, 52(2), 295-305.

Labandeira, C. C. (2013). A paleobiologic perspective on plant–insect interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 16(4), 414-421.

Lamas, G. (2004). Checklist: Part 4A. Hesperioidea-Papilionoidea. *Atlas of neotropical Lepidoptera*, Gainesville, 1-439.

Lamas, G. (2004). Ithomiinae in JB Heppner, ed. *Atlas of Neotropical Lepidoptera. Checklist: Part 4A. Hesperioidea-Papilionoidea*. Association for Tropical Lepidoptera.

Lawton, J. H. (1986). The effect of parasitoids on phytophagous insect communities. *Insect Parasitoids*, 265-287.

Leigh, S., & Van Emden, H. F. (2017). *Population dynamics: Cycles and patterns* (pp. 262-279). Wallingford, UK: CAB International.

Leitão-Filho, H. D. F. (1992). A flora arbórea da Serra do Japi. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, 40-62.

Lewinsohn, T. M., & Vasconcellos-Neto, J. (2000). Como insetos sabotam defesas de plantas: o caso do látex. *Oecologia Brasiliensis*, 8(1), 11.

- Lima, J. N. R., & Zacca, T. (2014). Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de uma área de Semiárido na região nordeste do Brasil. *EntomoBrasilis*, 7(1), 33-40.
- Liu, H., Macdonald, C. A., Cook, J., Anderson, I. C., & Singh, B. K. (2019). An Ecological Loop: Host Microbiomes across Multitrophic Interactions. *Trends in ecology & Evolution*.
- Logan, J. D., Wolesensky, W., & Joern, A. (2006). Temperature-dependent phenology and predation in arthropod systems. *Ecological Modelling*, 196(3-4), 471-482.
- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- Maltais, P. (1980). Measurements of the capsule of the head of the mosquito larva *Pristiphora erichsonii* (Hymenoptera: Tenthredinidae) in Kouchibouguac National Park, New Brunswick. *The Canadian Entomologist*, 112 (1), 111-112.
- Martins, S. V., & Rodrigues, R. R. (2002). Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. *Plant Ecology*, 163(1), 51-62.
- Massuda, K. F., & Trigo, J. R. (2009). Chemical defence of the warningly coloured caterpillars of *Methona themisto* (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae). *European Journal of Entomology*, 106(2), 253-259.
- Masters, A. R. (1990). Pyrrolizidine alkaloids in artificial nectar protect adult ithomiine butterflies from a spider predator. *Biotropica*, 298-304.
- Mayhew, P. J. (2001). Herbivore host choice and optimal bad motherhood. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(4), 165-167.
- Mattson Jr, W. J. (1980). Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11(1), 119-161.
- McGugan, B. M. (1954). Needle mining habits and larval instars of the pine caterpillar. *The Canadian Entomologist*, 86 (10), 439-454.
- McNeill, S. (1977). The role of nitrogen in the development of insect-plant relationships. *Biochemical Aspects of Plant and Animal Coevolution*, 77-98.
- Meiners, T. (2015). Chemical ecology and evolution of plant-insect interactions: a multitrophic perspective. *Current Opinion in Insect Science*, 8, 22-28.
- Menge, B. A., & Sutherland, J. P. (1976). Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *American Naturalist*, 351-369.
- Mielke, O. H., & Casagrande, M. M. (1997). Papilionoidea and Hesperioidea (Lepidoptera) of the Parque Estadual do Morro do Diabo, Teodoro Sampaio, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14(4), 967-1001.

Mishra, M., Lomate, P. R., Joshi, R. S., Punekar, S. A., Gupta, V. S., & Giri, A. P. (2015). Ecological turmoil in evolutionary dynamics of plant–insect interactions: defense to offence. *Planta*, 242(4), 761-771.

Monteiro, R. F. (1981) *Regulação Populacional em Ithomiinae (Lep.: Nymphalidae): Ecologia da Interação Parasitoide X Hospedeiro*. UNICAMP. Dissertação de Mestrado.

Montoya, J., Woodward, G., Emmerson, M. C., & Solé, R. V. (2009). Press perturbations and indirect effects in real food webs. *Ecology*, 90(9), 2426-2433.

Morris, R. J., Lewis, O. T., & Godfray, H. C. J. (2005). Apparent competition and insect community structure: towards a spatial perspective. *Annales Zoologici Fennici, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*, 449-462.

Mooney, K. A., Halitschke, R., Kessler, A., & Agrawal, A. A. (2010). Evolutionary trade-offs in plants mediate the strength of trophic cascades. *Science*, 327(5973), 1642-1644.

Mooney, K. A., Pratt, R. T., & Singer, M. S. (2012). The tri-trophic interactions hypothesis: interactive effects of host plant quality, diet breadth and natural enemies on herbivores. *PLoS One*, 7(4), e34403.

Morais, A. B. B., Brown, K. S. Jr. (1991) Larval foodplant and other effects on troidine guild composition (Papilionidae) in southeastern Brazil. *The Journal Research on the Lepidoptera*, 30:19-37.

Morellato, L. P. C., Alberti, L. F., & Hudson, I. L. (2010). *Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach* (pp. 339-359). Springer Netherlands.

Morellato, L.P.C. 1992. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: Morrelato, L.P.C. (ed.) *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Campinas: editora Unicamp/Fapesp. p. 98-111.

Muldrew, J.A. (1967). Biology and initial dispersion of *Olesicampe nematorum* (Holocremnus) (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasite of the mosquito-larvix recently established in Manitoba. *The Canadian Entomologist*, 99 (3), 312-321.

Müller, F. (1879). *Ituna* and *Thyridia*: a remarkable case of mimicry in butterflies. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 1879, 20-29.

Mumm, R., & Dicke, M. (2010). Variation in natural plant products and the attraction of bodyguards involved in indirect plant defense. *Canadian journal of zoology*, 88(7), 628-667.

Nardi, C., Guerra, T. M., Orth, A. I., & Tavares, M. T. (2006). Hymenopterous parasitoids associated to pupae of *Methona themisto* (Lepidoptera, Nymphalidae) in Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, 96(3), 373-375.



- Navarro, M. A. (1990). *Producción, uso y manejo en Colombia: El Trichogramma spp.* ICA, Palmira, Colombia.
- Nealis, V. (1987). The number of instars in pigeonwort, *Choristoneura pinus pinus* Free (Lepidoptera: Tortricidae) and the effect of parasitism on the width and time of development of the capsule. *The Canadian Entomologist*, 119 (9), 773-777.
- Nicholson, A. J. (1933). Supplement: the balance of animal populations. *The Journal of Animal Ecology*, 131-178.
- Nicholson, A. J., & Bailey, V. A. (1935,). The Balance of Animal Populations. Part I. In *Proceedings of the Zoological Society of London* (Vol. 105, No. 3, pp. 551-598). Blackwell Publishing Ltd.
- Novotný, V., & Basset, Y. (2000). Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos*, 89(3), 564-572.
- Olmstead, R. G., Bohs, L., Migid, H. A., Santiago-Valentin, E., Garcia, V. F., & Collier, S. M. (2008). A molecular phylogeny of the Solanaceae. *Taxon*, 57(4), 1159-1181.
- Opitz, S. E., & Müller, C. (2009). Plant chemistry and insect sequestration. *Chemoecology*, 19(3), 117.
- Orr, A. G., Trigo, J. R., Witte, L., & Hartmann, T. (1996). Sequestration of pyrrolizidine alkaloids by larvae of *Tellervo zoilus* (Lepidoptera: Ithomiinae) and their role in the chemical protection of adults against the spider *Nephila maculata* (Araneidae). *Chemoecology*, 7(2), 68-73.
- Paluch, M., Mielke, O. H. H., Nobre, C. E. B., Casagrande, M. M., Melo, D. H. A., & Freitas, A. V. L. (2011). Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of the Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho, Caruaru, Pernambuco, Brazil. *Biota Neotropica*, 11(4), 229-238.
- Parra, J.R.P., Precetti, A.A.C. M., & Kasten Jr., P. (1977). Biological aspects of *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera, Noctuidae) in soybean and cotton. *Annals of the Entomological Society of Brazil*, 6 (2).
- Penteado-Dias, A. M., Ramiro, Z. A. (2012). Os Braconidae (Hymenoptera, Ichneumonoidea) da Serra do Japi. *Novos olhares, novos saberes sobre a Serra do Japi: ecos de sua biodiversidade*. Ed. CRV, Curitiba, 434-446.
- Pinto, H. S. (1992). O clima da Serra do Japi. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, 30-38.
- Pliske, T. E. (1975). Attraction of Lepidoptera to plants containing pyrrolizidine alkaloids. *Environmental Entomology*, 4(3), 455-473.

Pliske, T. E., Edgar, J. A., & Culvenor, C. C. (1976). The chemical basis of attraction of ithomiine butterflies to plants containing pyrrolizidine alkaloids. *Journal of Chemical Ecology*, 2(3), 255-262.

Polaszek, A., & Foerster, L. A. (1997). *Telenomus cyamophylax* n. sp. (Hymenoptera: Scelionidae) attacking eggs of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26(1), 177-181.

Porto, A. C. (2018) *Dinâmica Populacional de Leptobyrsa tersa Drake & Hambleton, 1935 (Hemiptera: Tingidae) em Eremanthus erythropappus (D.C.) Macleish (Asteraceae) na Serra do Japi, São Paulo, Brasil*. UNICAMP. Dissertação de Mestrado.

Postali, T.C. 2009. *História Natural e Biologia Populacional de Phloeophana longirostris Spinola 1837 (Hemiptera: Phloeidae), na Serra do Japi, Jundiaí, SP*. UNICAMP. Dissertação de Mestrado

Price, P. W. (2003). *Macroevolutionary theory on macroecological patterns*. Cambridge University Press.

Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N., & Weis, A. E. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11(1), 41-65.

Quintero, H. E. (1988) Population dynamics of the butterfly *Heliconius charitonius* L. in Puerto Rico. *Caribbean Journal Science*. 24:155-160.

Ramos, R. R., & Freitas, A. V. L. (1999). Population biology and wing color variation in *Heliconius erato phyllis* (Nymphalidae). *Journal of the Lepidopterists Society*, 53(1), 11-21.

Rasband, WS. 2018. *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health, Bethesda. <http://rsb.info.nih.gov/ij>.

Régnière, J., Powell, J., Bentz, B., & Nealis, V. (2012). Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology*, 58(5), 634-647.

Rhoades, D. F., & Cates, R. G. (1976). Toward a general theory of plant antiherbivore chemistry. In *Biochemical interaction between plants and insects* (pp. 168-213). Springer, Boston, MA.

Ritter, C. D., Lemes, R., Morais, A. B. B. D., & Dambros, C. D. S. (2011). Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(1), 361-368.

Robinson, A., Inouye, D. W., Ogilvie, J. E., & Mooney, E. H. (2017). Multitrophic interactions mediate the effects of climate change on herbivore abundance. *Oecologia*, 185(2), 181-190.

Rodrigues, R. R. (1986). Levantamento florístico e fitossociológico das matas da Serra do Japi, Jundiaí, SP. UNICAMP. Dissertação de Mestrado.

Rodrigues, R. R., & Shepherd, G. J. (1992). Análise da variação estrutural e fisionômica da vegetação e características edáficas, num gradiente altitudinal na Serra do Japi. *História natural da Serra do Japi: Ecologia e conservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp/FAPESP, Campinas.

Roininen, H., Price, P. W., & Tahvanainen, J. (1996). Bottom-up and top-down influences in the trophic system of a willow, a galling sawfly, parasitoids and inquiline. *Oikos*, 44-50.

Romero, G. Q., & Vasconcellos-Neto, J. (2003). Natural history of *Misumenops argenteus* (Thomisidae): seasonality and diet on *Trichogoniopsis adenantha* (Asteraceae). *Journal of Arachnology*, 31(2), 297-304.

Romero, G. Q., & Vasconcellos-Neto, J. (2005). Population dynamics, age structure and sex ratio of the bromeliad-dwelling jumping spider, *Psecas chapoda* (Salticidae). *Journal of Natural History*, 39(2), 153-163.

Romero, G. Q., Gonçalves-Souza, T., Kratina, P., Marino, N. A., Petry, W. K., Sobral-Souza, T., & Roslin, T. (2018). Global predation pressure redistribution under future climate change. *Nature Climate Change*, 8(12), 1087.

Rosenblatt, A. E., & Schmitz, O. J. (2016). Climate change, nutrition, and bottom-up and top-down food web processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(12), 965-975.

Ruszczyk, A., & Nascimento, E. S. (1999). Biology of *Methona themisto* (Hübner, 1818) (Lepidoptera, Nymphalidae, Ithomiinae) adults in public plazas in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(4), 577-583.

Saka, M. N. (2009). Solanaceae da Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, Jundiaí, SP. UNESP - Rio Claro. Trabalho de conclusão de curso (Ciências Biológicas).

Salazar, B. A., & Whitman, D. W. (2001). Defensive tactics of caterpillars against predators and parasitoids. *Insect and plant defense dynamics*. Science Publisher, Enfield, UK, 161-207.

Scherber, C., Gladbach, D. J., Stevnbak, K., Karsten, R. J., Schmidt, I. K., Michelsen, A., Christensen, S. (2013). Multi-factor climate change effects on insect herbivore performance. *Ecology and Evolution*, 3(6), 1449-1460.

Schmitz, O. J. (2008). Herbivory from individuals to ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 133-152.

Schoonhoven, L. M., Van Loon, B., van Loon, J. J., & Dicke, M. (2005). *Insect-plant biology*. Oxford University Press on Demand.

Schulz, S., Beccaloni, G., Brown Jr, K. S., Boppré, M., Freitas, A. V. L., Ockenfels, P., & Trigo, J. R. (2004). Semiochemicals derived from pyrrolizidine alkaloids

in male ithomiine butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 32(8), 699-713.

Scriber, J. M., & Slansky Jr, F. (1981). The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 26 (1), 183-211.

Shurin, J. B., Gruner, D. S., & Hillebrand, H. (2006). All wet or dried up? Real differences between aquatic and terrestrial food webs. *Proceedings of the Royal Society of London Biological Sciences*, 273(1582), 1-9.

Silva, R. E. S., (2009). *Estudo Químico de Cestrum laevigatum Schlecht (Solanaceae)*. UFC. Dissertação de Mestrado.

Singer, M. C. (1984). Butterfly-hostplant relationships: host quality, adult choice and larval success. In *Symposia of the Royal Entomological Society of London*.

Singer, M. S. (2008). Evolutionary ecology of polyphagy. *Specialization, speciation, and radiation: the evolutionary biology of herbivorous insects*, 29-42.

Singer, M. S., Lichter-Marck, I. H., Farkas, T. E., Aaron, E., Whitney, K. D., & Mooney, K. A. (2014). Herbivore diet breadth mediates the cascading effects of carnivores in food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(26), 9521-9526.

Singer, M. S., & Stireman III, J. O. (2005). The tri-trophic niche concept and adaptive radiation of phytophagous insects. *Ecology Letters*, 8(12), 1247-1255.

Sobczak, J. F, Loffredo, A. P. S., Flórez, A. F. H., Penteado-Dias, A. M., Vanconcellos-Neto, J. (2012) A Fauna de Ichneumonidae (Hymenoptera) da Unidade de Conservação Serra do Japi, Jundiá, SP. *Novos olhares, novos saberes sobre a Serra do Japi: Ecos de sua biodiversidade*. Ed. CRV, Curitiba, 409-431.

Sokal, R. R.; Rohlf, F. J. (1994). *Biometry: the Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3º ed. W. H. Freeman and Company, New York.PGS.

Stamp, N. (2001). Enemy-free space via host plant chemistry and dispersion: assessing the influence of tritrophic interactions. *Oecologia*, 128(2), 153-163.

Stehmann, J. R., Mentz, L. A., Agra, M. F., Vignoli-Silva, M., Giacomini, L., & Rodrigues, I. M. C. (2010). *Solanaceae*. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB014716>. (Acesso em 28/08/2018).

Stiling, P., & Rossi, A. M. (1997). Experimental manipulations of top-down and bottom-up factors in a tri-trophic system. *Ecology*, 78(5), 1602-1607.

Strand, M. R., & Vinson, S. B. (1982). Source and characterization of an egg recognition kairomone of *Telenomus heliothidis*, a parasitoid of *Heliothis virescens*. *Physiological Entomology*, 7(1), 83-90.

Tabarelli, M., Mantovani, W., & Peres, C. A. (1999). Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation*, 91(2-3), 119-127.

Thompson, J. N. (1988). Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 47(1), 3-14.

Thompson, J. N. (1997). Conserving interaction biodiversity. In *The Ecological Basis of Conservation*. Springer US, 285-293.

Thompson, J. N. (1998). Rapid evolution as an ecological process. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(8), 329-332.

Trigo, J. R., Brown Jr, K. S., Witte, L., Hartmann, T., Ernst, L., & Barata, L. E. S. (1996b). Pyrrolizidine alkaloids: different acquisition and use patterns in Apocynaceae and Solanaceae feeding ithomiine butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 58(1), 99-123.

Trigo, J. R. (2008) Chemical Ecology of Ithomiine Butterflies. In: Francesco Epifano. (Org.). *Current Trends in Phytochemistry*. Kerala, India: Research Signpost, 2008, v. Unico, p. 141-165.

Trigo, J. R., & Brown, K. S. Jr. (1990). Variation of pyrrolizidine alkaloids in Ithomiinae: a comparative study between species feeding on Apocynaceae and Solanaceae. *Chemoecology*, 1(1), 22-29.

Trigo, J. R., & Motta, P. C. (1990). Evolutionary implications of pyrrolizidine alkaloid assimilation by Danaine and Ithomiinae larvae (Lepidoptera: Nymphalidae). *Experientia*, 46(3), 332-334.

Trigo, J., Brown Jr, K. S., Henriques, S. A., & Barata, L. E. S. (1996a). Qualitative patterns of pyrrolizidine alkaloids in Ithomiinae butterflies. *Biochemical Systematics and Ecology*, 24(3), 181-188.

Tscharntke, T., & Hawkins, B. A. (Eds.). (2002). *Multitrophic level interactions*. Cambridge University Press.

Turchin, P., Wood, S. N., Ellner, S. P., Kendall, B. E., Murdoch, W. W., Fischlin, A., & Briggs, C. J. (2003). Dynamical effects of plant quality and parasitism on population cycles of larch budmoth. *Ecology*, 84(5), 1207-1214.

Uvarov, B. P. (1931). Insects and climate. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 79(1), 1-232.

van Dam, N. M., & Heil, M. (2011). Multitrophic interactions below and above ground: en route to the next level. *Journal of Ecology*, 99(1), 77-88.

van Veen, F. F. (2015). Plant-modified trophic interactions. *Current Opinion in Insect Science*, 8, 29-33.

- Vanini, F., Bonato, V., & Freitas, A. V. L. (1999). Polyphenism and population biology of *Eurema elathea* (Pieridae) in a disturbed environment in tropical Brazil. *Journal Lepidopterists Society*, 53(4), 159-168.
- Vasconcellos-Neto, J. & Lewinsohn, T. M. (1984). Discrimination and release of unpalatable butterflies by *Nephila clavipes*, a neotropical orb-weaving. *Ecological Entomology*, 9(3): 337-344.
- Vasconcellos-Neto, J. (1980). *Dinâmica de Populações de Ithomiinae (Lep. Nymphalidae) Sumaré-SP*. UNICAMP. Dissertação de Mestrado.
- Vasconcellos-Neto, J. (1986). Interactions between Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) and Solanaceae. *Solanaceae: biology and systematics*. Columbia University Press, New York, 364-377.
- Vasconcellos-Neto, J. (1991). Interactions between ithomiine butterflies and Solanaceae: feeding and reproductive strategies. *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. New York: John Wiley and Sons, Inc, 291-313.
- Vasconcellos-Neto, J., Buzatto, S., Perre, P., & Stehmann, J. R. (2012). As solanáceas da Serra do Japi: relevância, interações com a fauna e manejo. *Novos olhares, novos saberes sobre a Serra do Japi: ecos de sua biodiversidade*. Ed. CRV, Curitiba, 197-219.
- Vignoli-Silva, M. (2009). *O gênero Cestrum L. (Solanaceae) no Brasil extra-amazônico*. UFRGS. Tese de Doutorado.
- Villanueva-Bonilla, G. A., & Vasconcellos-Neto, J. (2016). Population dynamics and phenology of the wall crab spider *Selenops cocheleti* Simon, 1880 (Araneae: Selenopidae) in Southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 51(3), 215-230.
- Wahl, D. B. (1993). Cladistics of the genera of Mesochorinae (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Systematic Entomology*, 18(4), 371-387.
- War, A. R., Taggar, G. K., Hussain, B., Taggar, M. S., Nair, R. M., & Sharma, H. C. (2018). Plant defence against herbivory and insect adaptations. *AoB Plants*, 10(4), ply037.
- Weinhold, A., & Baldwin, I. T. (2011). Trichome-derived O-acyl sugars are a first meal for caterpillars that tags them for predation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(19), 7855-7859.
- Whitmore, T. C. (1989). Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70(3), 536-538.
- Wilf, P. (2008). Insect-damaged fossil leaves record food web response to ancient climate change and extinction. *New Phytologist*, 178(3), 486-502.

Willmott, K. R., & Freitas, A. V. (2006). Higher-level phylogeny of the Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): classification, patterns of larval hostplant colonization and diversification. *Cladistics*, 22(4), 297-368.

Willmott, K. R., & Mallet, J. (2004). Correlations between adult mimicry and larval host plants in ithomiine butterflies. *Proceedings of the Royal Society of London Biological Sciences*, 271(Suppl 5), S266-S269.

Wolda, H. (1978). Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *The Journal of Animal Ecology*, 369-381.

Wolda, H. (1978a). Fluctuations in abundance of tropical insects. *The American Naturalist*, 112(988), 1017-1045.

Wolda, H. (1979). Seasonality parameters for insect populations. *Population Ecology*, 20(2), 247-256.

Wolda, H. (1988). Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19(1), 1-18.

Wolda, H., & Dennis, B. (1993). Density dependence tests, are they? *Oecologia*, 95(4), 581-591.

Wootton, J. T. (1994). The nature and consequences of indirect effects in ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 25(1), 443-466.

Young, A. M. (1972). On the life cycle and natural history of *Hymenitis nero* (Lepidoptera: Ithomiinae) in Costa Rica. *Psyche: A Journal of Entomology*, 79(4), 284-294

Young, A. M. (1974). On the biology of *Godyris zavaleta caesiopicta* (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae). *Entomological News* 85:227-238.

Young, A. M. (1978). Notes on the biology of the butterfly *Hypoleria cassotis* (Bates) (Nymphalidae: Ithomiinae) in northeastern Costa Rica. *Brenesia* 14-15:97-108.

Young, A. M., & Moffett, M. W. (1979). Studies on the population biology of the tropical butterfly *Mechanitis isthmia* in Costa Rica. *American Midland Naturalist*, 309-319.

Zalucki, M. P., Clarke, A. R., & Malcolm, S. B. (2002). Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 47(1), 361-393.

Zar, J. H. (2007). Biostatistical Analysis. 5<sup>o</sup> ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 960p.

Züst, T., Heinricher, C., Grossniklaus, U., Harrington, R., Kliebenstein, D. J., & Turnbull, L. A. (2012). Natural enemies drive geographic variation in plant defenses. *Science*, 338(6103), 116-119.

## ANEXOS

## Anexo 1

Comparação par a par do tempo de desenvolvimento dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sesaea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

Tempo de Desenvolvimento (dias)			
<b>Total</b>			
<b>ANOVA</b>	F = 26.331	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.999		
<i>C. axillare</i>	0.124	0.090	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
<b>1º instar</b>			
<b>ANOVA</b>	F = 4.404	gl = 3	<b>p = 0.007</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.220		
<i>C. axillare</i>	0.568	0.916	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>0.004</b>	0.374	0.116
<b>2º instar</b>			
<b>ANOVA</b>	F = 14.944	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.844		
<i>C. axillare</i>	0.181	0.609	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>0.001</b>
<b>3º instar</b>			
<b>ANOVA</b>	F = 8.315	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.844		
<i>C. axillare</i>	0.181	<b>0.028</b>	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>0.003</b>	<b>&lt; 0.001</b>	0.363
<b>4º instar</b>			
<b>ANOVA</b>	F = 8.411	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.445		
<i>C. axillare</i>	0.677	0.053	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>0.007</b>	<b>&lt; 0.001</b>	0.123
<b>5º instar</b>			
<b>ANOVA</b>	F = 7.811	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.582		
<i>C. axillare</i>	0.974	0.332	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>0.006</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.021</b>
<b>Pupa</b>			
<b>ANOVA</b>	F = 0.488	gl = 3	p = 0.692
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	1.000		
<i>C. axillare</i>	0.722	0.722	
<i>C. schlechtendalii</i>	0.985	0.985	0.897



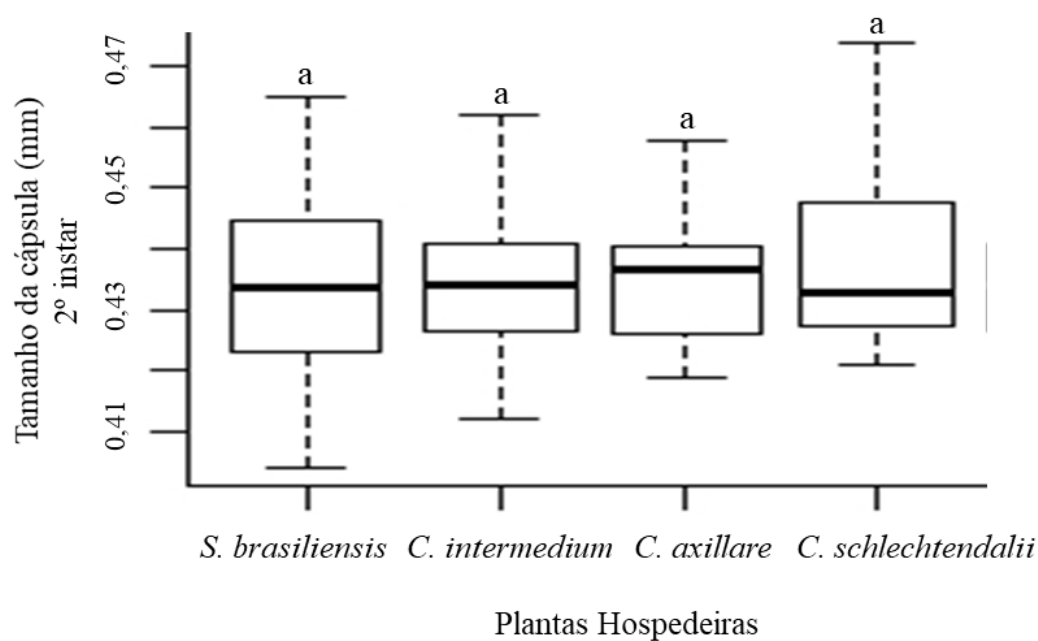
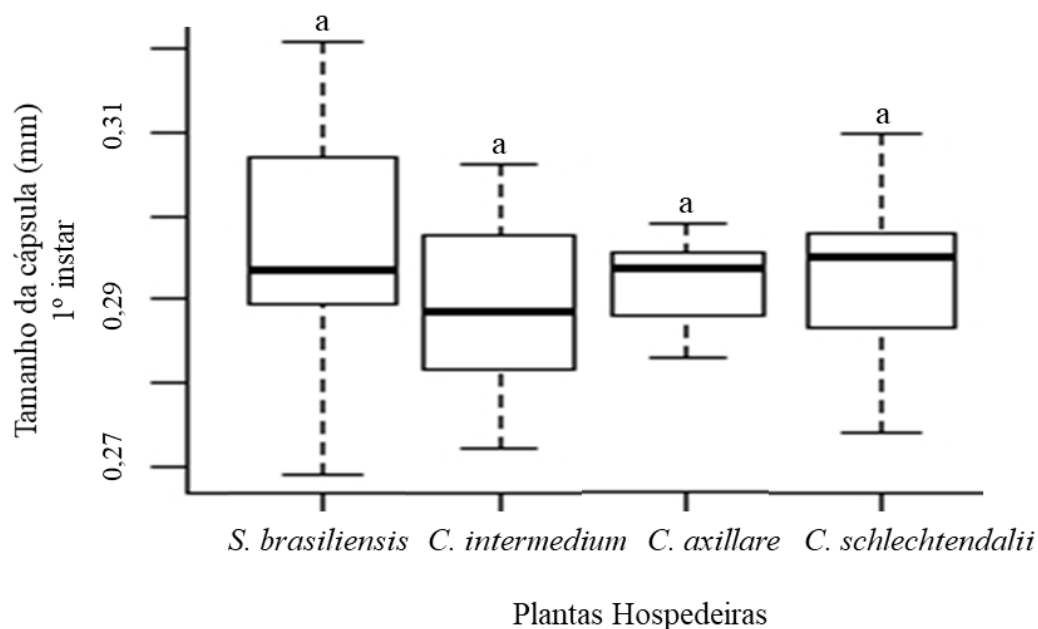
## Anexo 2

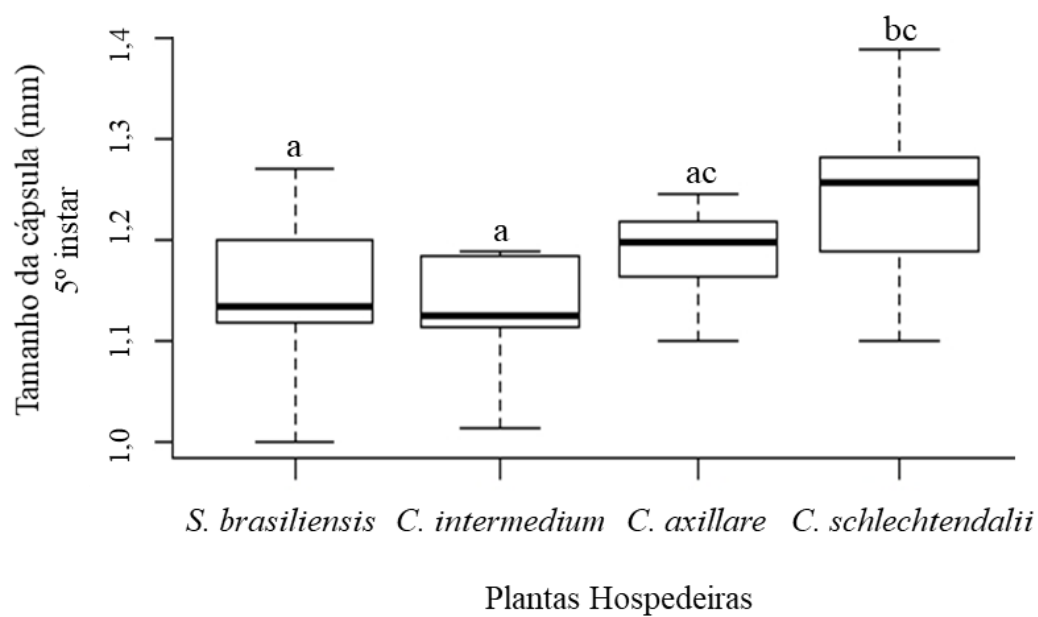
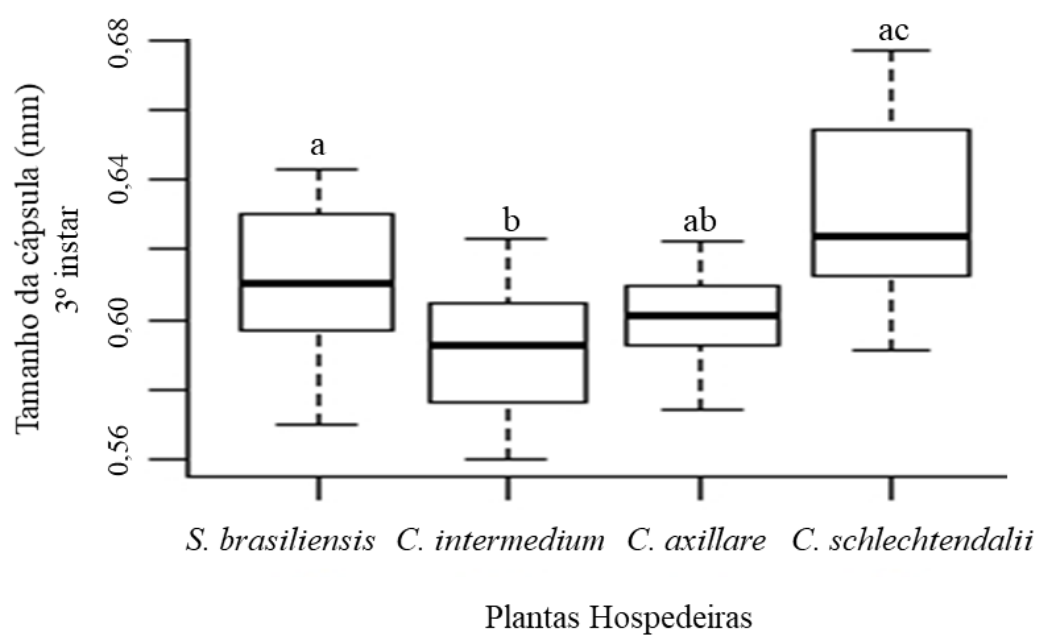
Comparação par a par da cápsula cefálica dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

Cápsula cefálica (mm)			
1º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 0.953	gl = 3	p = 0.421
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.345		
<i>C. axillare</i>	0.818	0.852	
<i>C. schlechtendalii</i>	0.904	0.752	0.997
2º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 0.526	gl = 3	p = 0.666
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.999		
<i>C. axillare</i>	0.948	0.944	
<i>C. schlechtendalii</i>	0.714	0.706	0.955
3º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 11.043	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	<b>0.026</b>		
<i>C. axillare</i>	0.411	0.542	
<i>C. schlechtendalii</i>	0.058	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
4º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 15.502	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.770		
<i>C. axillare</i>	0.999	0.685	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
5º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 9.061	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.745		
<i>C. axillare</i>	0.405	0.059	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>	0.107

### Anexo 3

Tamanho da cápsula dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.





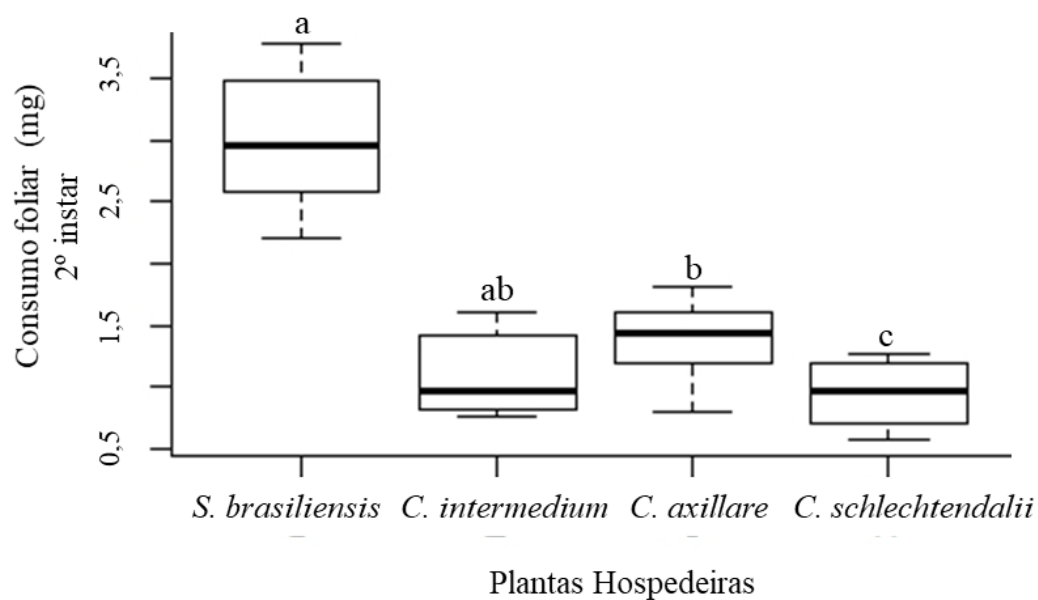
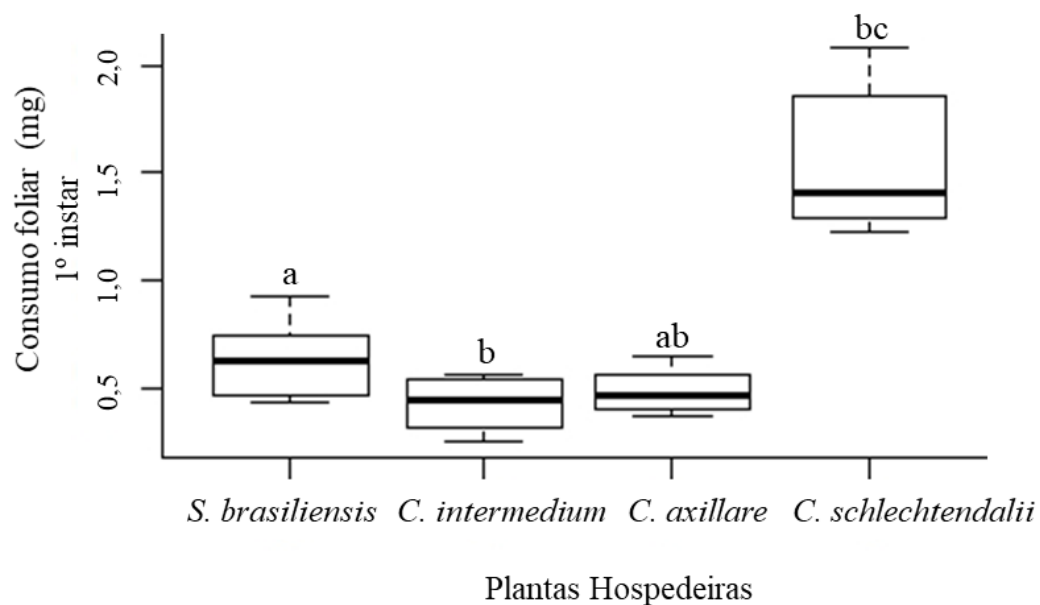
## Anexo 4

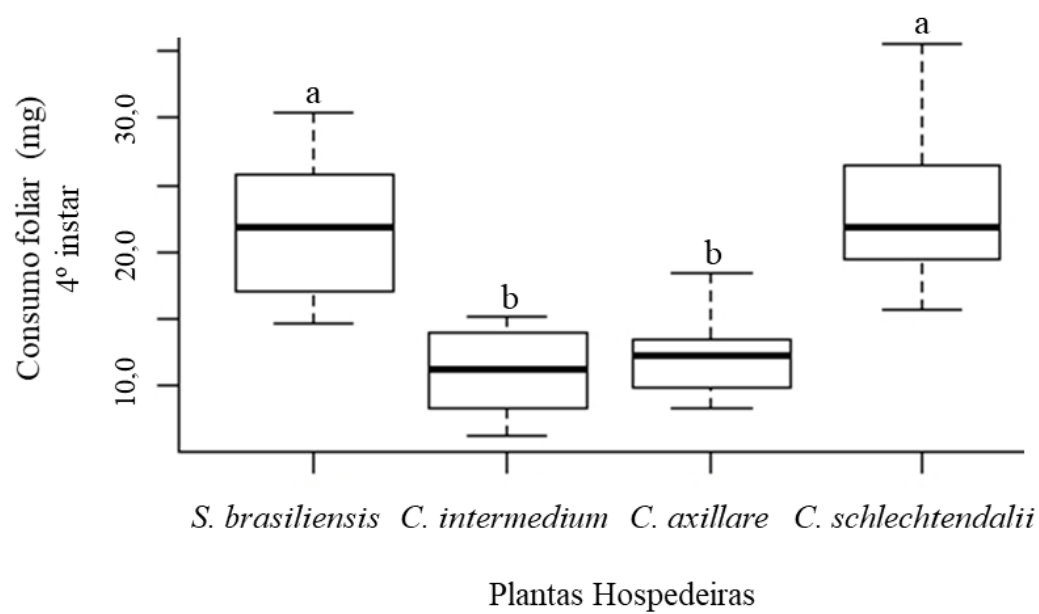
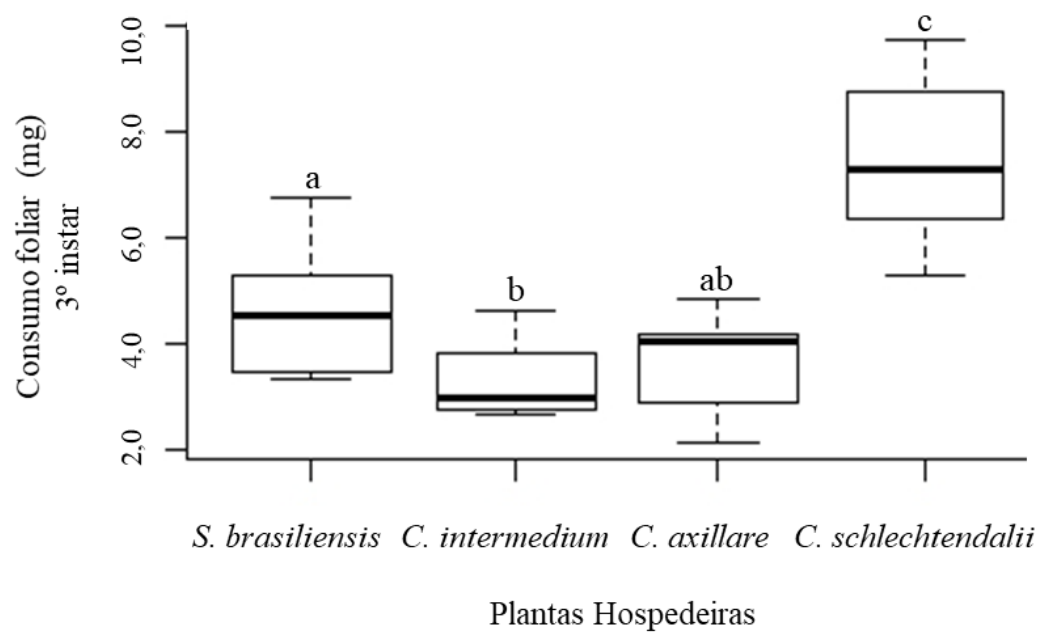
Comparação par a par do consumo foliar dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

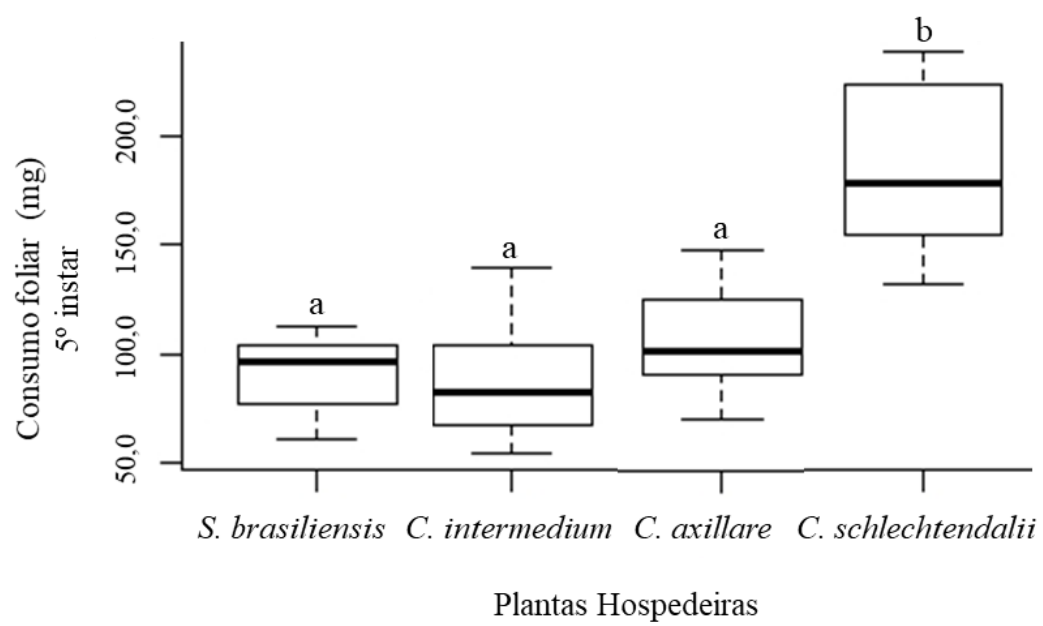
Consumo foliar (mg)			
Total			
<b>ANOVA</b>	F = 39.329	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.574		
<i>C. axillare</i>	0.918	0.227	
<i>C. schlechtendalii</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
1º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 116.1	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	<b>0.019</b>		
<i>C. axillare</i>	0.132	0.842	
<i>C. schlechtendalii</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
2º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 100.37	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.189		
<i>C. axillare</i>	<b>0.016</b>	0.722	
<i>C. schlechtendalii</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
3º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 49.596	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	<b>0.007</b>		
<i>C. axillare</i>	0.061	0.846	
<i>C. schlechtendalii</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
4º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 8.411	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	< 0.001		
<i>C. axillare</i>	< 0.001	0.866	
<i>C. schlechtendalii</i>	0.793	< 0.001	< 0.001
5º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 42.629	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.574		
<i>C. axillare</i>	0.918	0.227	
<i>C. schlechtendalii</i>	< 0.001	< 0.001	< 0.001

### Anexo 5

Consumo foliar dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sessea brasilienses*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.







## Anexo 6

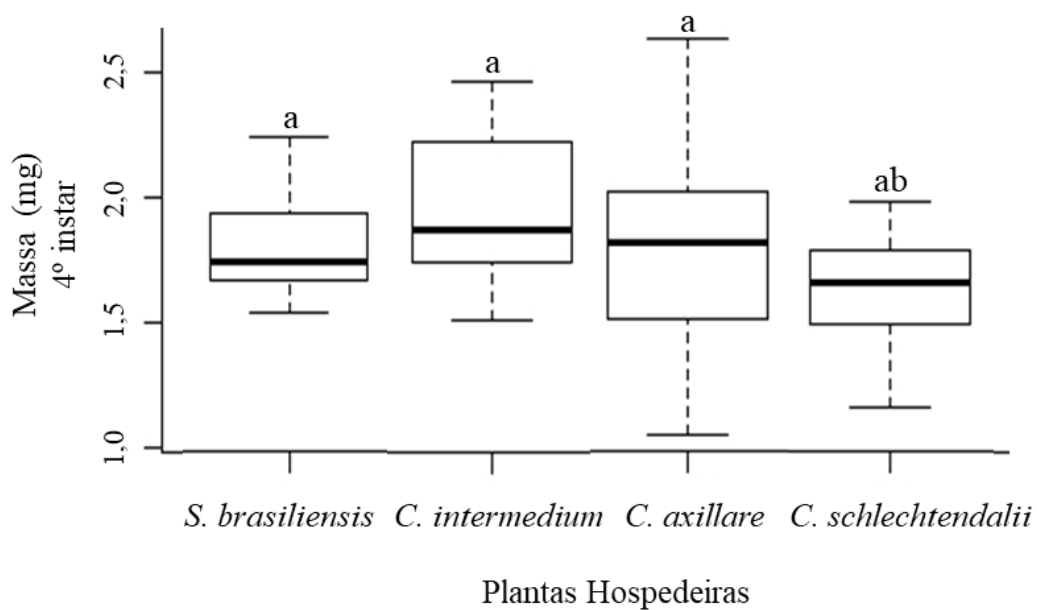
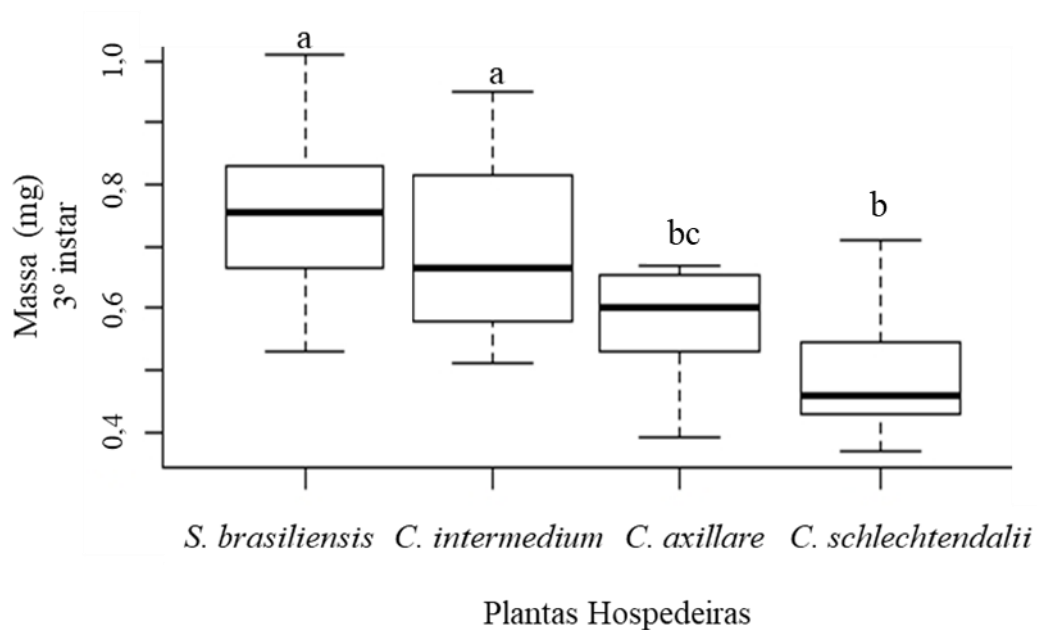
Comparação par a par da massa corporal dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sessea brasiliensis*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

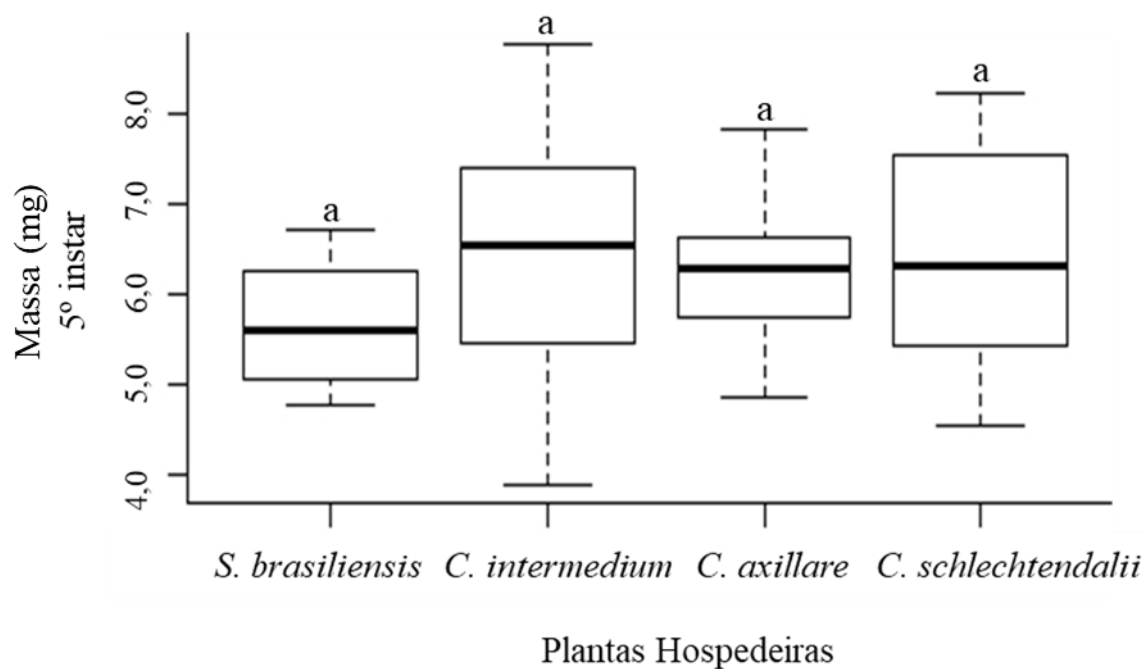
Massa (mg)			
2º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 16.84	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.410		
<i>C. axillare</i>	0.242	0.987	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
3º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 16.533	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.593		
<i>C. axillare</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>0.002</b>	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>	0.141
4º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 2.847	gl = 3	<b>p = 0.045</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.558		
<i>C. axillare</i>	0.988	0.366	
<i>C. schlechtendalii</i>	0.392	<b>0.026</b>	0.588
5º instar			
<b>ANOVA</b>	F = 1.907	gl = 3	p = 0.138
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.954		
<i>C. axillare</i>	0.995	0.993	
<i>C. schlechtendalii</i>	0.359	0.144	0.239
Pupa			
<b>ANOVA</b>	F = 0.881	gl = 3	<b>p = &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.405		
<i>C. axillare</i>	0.364	0.999	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>0.008</b>	<b>0.010</b>
Adulto			
<b>ANOVA</b>	F = 8.497	gl = 3	<b>p &lt; 0.001</b>
<b>Teste Tukey</b>	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	0.325		
<i>C. axillare</i>	<b>0.001</b>	0.145	
<i>C. schlechtendalii</i>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>0.036</b>	0.927



## Anexo 7

Massa corpórea dos imaturos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sessea brasilienses*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Tratamentos com letras diferentes representam diferença significativa, barras representam desvio padrão.





## Anexo 8

Comparação par a par do comprimento alar dos adultos de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) em diferentes espécies de plantas - *Sessea brasilienses*, *Cestrum intermedium*, *C. axillare* e *C. schlechtendalii* (Solanaceae). Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

Comprimento alar (mm)			
Adultos (♀/♂)			
ANOVA	F = 6.297	gl = 3	p < 0.001
Teste Tukey	<i>S. brasiliensis</i>	<i>C. intermedium</i>	<i>C. axillare</i>
<i>C. intermedium</i>	<b>0.041</b>		
<i>C. axillare</i>	0.365	0.699	
<i>C. schlechtendalii</i>	< <b>0.001</b>	0.454	0.059

## Anexo 9

Estatística circular aplicada aos estádios das lagartas de *Pseudoscada erruca* (Ithomiini) entre janeiro de 2017 e fevereiro de 2018 na Serra do Japi, Jundiá – SP. Valores ressaltados indicam diferença estatística significativa.

	1º Instar	2º Instar	3º Instar	4º Instar	5º Instar
Número de Observações	162	48	33	16	9
Vetor Médio ( $\mu$ )	77.733°	93.728°	102.986°	94.46°	111.206°
Mês	março	abril	abril	abril	abril
Comprimento do Vetor Médio ( $r$ )	0.466	0.374	0.553	0.518	0.52
Intervalo de Confiança 95% (+/-) para $\mu$	65.139° - 90.327°	64.249° - 123.207°	80.186° - 125.786°	58.968° - 129.952°	-
Teste de Rayleigh ( $Z$ )	32.243	6.732	10.087	4.3	2.432
Teste de Rayleigh ( $p$ )	<b>&lt; 1 e<sup>-12</sup></b>	<b>9.97 e<sup>-4</sup></b>	<b>1.97 e<sup>-5</sup></b>	<b>0.011</b>	0.085

## Anexo 10



COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
Universidade Estadual de Campinas  
Caixa Postal 6109, 13083-970, Campinas, SP, Brasil  
Fone (19) 3521-6378. email: cpgib@unicamp.br



## DECLARAÇÃO

Em observância ao §5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada "*História natural e dinâmica populacional dos imaturos de Pseudoscada erruca (Nymphalidae: Ithomiini) e seus parasitoides em sua planta hospedeira Sessea brasiliensis (Solanaceae)*", desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biociências e Tecnologia de Produtos Bioativos do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

Assinatura: Verediana de Abreu  
Nome do(a) aluno(a): Verediana de Abreu

Assinatura: João Vasconcellos Netto  
Nome do(a) orientador(a): João Vasconcellos Netto


Data: 29/07/2019

**Anexo 11****Declaração**

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **História natural e dinâmica populacional dos imaturos de Pseudoscada erruca (Nymphalidae: Ithomiini) e seus parasitoides em sua planta hospedeira Sessea brasiliensis (Solanaceae)**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 29 de julho de 2019.

Assinatura :   
Nome do(a) autor(a): **Verediana de Abreu**  
RG n.º 15.018.485

Assinatura :   
Nome do(a) orientador(a): **João Vasconcellos Neto**  
RG n.º 6.014.723